ডি. সি. মেসিন

মজুমদার ও গঙ্গোপাধ্যায়

নিউ সেন্ট্রাল বুক এজেন্সী

ডি. সি. মেসিন

(এফ পি এস., এম কে এস ও এস আই একক অনুসারে লিখিত)

[পশ্চিমবঙ্গ সরকারের ইলেকট্রিক্যাল সুপারভাইজার লাইসেন্সের যোগ্যতা নির্ধারক পরীক্ষার তৃতীয় অংশের (Part 3) পূর্ণ পাঠক্রম অনুসারে লিখিত, ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের প্রয়োজনীয় অংশের বাংলা অনুবাদ সংযোজিত এবং ভারতীয় মানক সংস্থার নিয়মাবলী উপযুক্ত স্থানে সন্নিবেশিত]

শ্রীশিবপ্রসাদ গঙ্গোপাধ্যায়, এম্ আই ই ই, এম.এ ই
লাহোর ম্যাকল্যাগ্যান ইঞ্জিনীয়ারিং কলেজ, ইলেকট্রিক্যাল
ইঞ্জিনিয়ারিং-এর অবসরপ্রাপ্ত সহকারী অধ্যাপক

ও

শ্রীসুধাংশু সমাদ্দার, বি ই, এম আই ই
অধ্যাপক, ইলেকট্রিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং, কলকাতা টেকনিক্যাল স্কুল

নিউ সেন্ট্রাল বুক এজেন্সি
৮/১, চিন্তামণি দাস লেন : কলিকাতা-৭০০০০৯

প্রকাশক :
জে. এন্. সেন
৮/১ চিন্তামণি দাস লেন
কলিকাতা-৯

মুদ্রাকর :
শ্রীঅনিল কুমার ঘোষ
দি অশোক প্রিন্টিং ওয়ার্কস্
২০৯এ, বিধান সরণী
কলিকাতা-৬

ভূমিকা

প্রায় তিন বৎসর পূর্বে এ. সি. মেসিন (প্রথম খণ্ড) বইটি যখন আত্মপ্রকাশ করে, তখন তাহা অগণিত পাঠক আর সুধীজনের প্রশংসালাভে ধন্য হয়। সেই সময় ছাত্রগণের অনুরোধে এবং সেণ্ট্রাল বুক এজেন্সীর শ্রীযামিনীকান্ত সেন ও শ্রীযোগেন্দ্রনাথ সেনের অকৃত্রিম উৎসাহে ডি. সি. মেসিন সম্বন্ধে বর্তমান গ্রন্থটি রচনায় প্রবৃত্ত হই। প্রায় তিন বৎসর পরিশ্রমের পর পুস্তকটি বর্তমান আকারে প্রকাশ করা সম্ভব হইল। এই পুস্তক প্রধানতঃ ইলেকট্রিক্যাল সুপারভাইজার লাইসেন্সের যোগ্যতা নির্ধারক পরীক্ষার তৃতীয় অংশের (Part 3) পাঠক্রম অনুযায়ী লিখিত। তবে ইহাতে এমন কতকগুলি অতিরিক্ত অংশ সংযোগ করা হইয়াছে যাহাতে বিভিন্ন পলিটেকনিকে পাঠরত ছাত্রগণও এই পুস্তকের সাহায্যে মাতৃভাষায় ডি. সি. মেসিন সম্বন্ধে তাঁহাদের পাঠক্রম অনুযায়ী পড়াশুনা করিতে কোন অসুবিধাবোধ না করে। ডি. সি. মেসিন সম্বন্ধে প্রায় সকল জ্ঞাতব্য তথ্যই এই পুস্তকে দেওয়া আছে। ছাত্রগণের সুবিধার্থে শ্রদ্ধেয় ৺শিবপ্রসাদ গঙ্গোপাধ্যায় মহাশয় রচিত "ইলেকট্রিক মেশিন প্রভৃতির দোষ ও প্রতিকার (প্রথম খণ্ড)" পুস্তকটির কিছু অংশ এই গ্রন্থের দ্বিতীয় অধ্যায়ে সন্নিবেশ করা হইয়াছে, আর পরিশিষ্টে সংযোগ করা হইয়াছে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের প্রয়োজনীয় অংশের [illegible] অনুবাদ ও ইলেকট্রিক্যাল সুপারভাইজার লাইসেন্সের যোগ্যতা নির্ধারক পরীক্ষার তৃতীয় অংশের সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলী ও তাহাদের সংক্ষিপ্ত উত্তর। [illegible] ছাত্রগণ ও পাঠকবর্গের [illegible] গৃহীত হইবে।

এই পুস্তক রচনার সময় আমি [illegible] আন্তরিক সহায়তা লাভে ধন্য হইয়াছি। পশ্চিমবঙ্গ সরকারের প্রধান বিদ্যুৎ পরিদর্শক শ্রীনীরেন্দ্রনাথ চক্রবর্তী মহাশয় নানা কাজের ব্যস্ততার মধ্যেও সুপারভাইজার পরীক্ষার তৃতীয় অংশের সম্ভাব্য মৌখিক প্রশ্নাবলী ও তাহাদের সংক্ষিপ্ত উত্তর স্বহস্তে লিখিয়া দিয়া আমাকে চিরকৃতজ্ঞতা পাশে আবদ্ধ করিয়াছেন। তাহা ছাড়া প্রথম অধ্যায়ের অষ্টম পরিচ্ছেদ রচনার কৃতিত্ব প্রায় সমস্তটাই বিদ্যুৎ পরিদর্শক শ্রীকালীপদ নায়ক ও শ্রীভূপেন্দ্রনাথ রক্ষিত মহাশয়ের প্রাপ্য। এই পরিচ্ছেদ রচনার সময় বিদ্যুৎ পরিদর্শক [illegible] শ্রীদিলীপকুমার চট্টোপাধ্যায়ও আমাকে নানাভাবে সাহায্য করিয়াছে। এতদসত্ত্বেও যদি কোন ত্রুটি এই পরিচ্ছেদ-রচনায় পরিলক্ষিত হয়, তবে তাহার জন্য আমার অক্ষম পরিবেশনই একমাত্র দায়ী।

পরিশেষে যাঁহাদের অনুরোধে বর্তমান গ্রন্থটি রচনায় প্রবৃত্ত হইয়াছিলাম, সেই ছাত্রগণকে আমার আন্তরিক কৃতজ্ঞতা জানাই। যদি তাহাদের অধ্যয়নের কাজে এই পুস্তক সহায়ক হয়, তবেই আমার পরিশ্রম সার্থক বলিয়া বিবেচিত হইবে।

শ্রীসুধাংশু সমাদ্দার

ইলেক্‌ট্রিক্যাল সুপারভাইজার পরীক্ষার তৃতীয় অংশের (Part 3) পাঠক্রম

২৫০ ভোল্ট অপেক্ষা বেশী এবং ৬৫০ ভোল্টের অনধিক তড়িৎ-চাপের উপযোগী ডি. সি. যন্ত্রপাতি

জেনারেটার—ডি. সি. সিরিজ, সাণ্ট ও কম্পাউণ্ড জেনারেটার সম্বন্ধে সাধারণ তথ্য।
ডি. সি. জেনারেটার ও ব্যালান্সারের স্থাপন, পরিচালন ও প্যারালেলে চলা।

মোটর—ডি. সি. সিরিজ, সাণ্ট ও কম্পাউণ্ড মোটর সম্বন্ধে সাধারণ তথ্য।
ডি. সি. মোটরের স্থাপন, পরিচালন, গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ ও ব্যবহার।

কণ্ট্রোল গীয়ার—বিভিন্ন প্রকারের সুইচ, ফিউজ, স্টার্টার, কণ্ট্রোলার, রেগুলেটার প্রভৃতির স্থাপন ও ব্যবহার।
[স্থাপনের ক্ষেত্রে ইলেক্‌ট্রিক্যাল সুপারভাইজার পরীক্ষার চতুর্থ, পঞ্চম ও ষষ্ঠ অংশের পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত যন্ত্রপাতি বাদে সাধারণভাবে সকল বহনযোগ্য যন্ত্রপাতির স্থাপনও বুঝিতে হইবে।]

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন—এই অংশের অন্তর্ভুক্ত স্থাপনের কাজে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের যে-সকল নিয়ম পালন করিতে হইবে, তাহাদের সম্বন্ধে সাধারণ জ্ঞান।

SYLLABUS

PART 3

D. C. Apparatus exceeding 250 volts but not exceeding 650 volts

Generators—Elementary theory of series, shunt and compound wound d. c. generators.
Installation, operation & parallel running of d. c. generators, balancers.

Motors—Elementary theory of series, shunt and compound wound d. c. motors.
Installation, operation and speed control of d. c. motors and their applications.

Control Gear—Installation of various types of switches, fuses, starters, controllers, regulators and their uses.
[Installations in general including portable appliances but excluding the installation work specifically covered by parts 4, 5 and 6.]

Indian Electricity Rules—A working knowledge of the provisions of the Indian Electricity Rules as applicable to installation work of this Part.

সূচীপত্র

প্রথম অধ্যায়

ডি. সি. জেনারেটার ও ডি. সি. মোটর

দ্বিতীয় অধ্যায়

ডি. সি. মেসিনের দোষ ও তাহার প্রতিকার

পরিশিষ্ট

চতুর্থ পরিচ্ছেদ : ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন, ১৯৫৬

(Chapter IV : Indian Electricity Rules 1956)

নিরাপত্তা সম্পর্কে সাধারণ সতর্কতা (General Safety Regulations) : বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতির নির্মাণ, স্থাপন, সংরক্ষণ, পরিচালন ও রক্ষণ (পৃ: ৫১৫), গ্রাহকের বাড়ী ও তৎসংলগ্ন জমিতে স্থাপিত সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতি (পৃ: ৫১৬), গ্রাহকের বাড়ীতে ব্যবহৃত কাট আউট বা ছেদক (পৃ: ৫১ , মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী এবং মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী সনাক্ত করণ এবং ঐ সকল পরিবাহীতে সুইচ ও কাট-আউটের অবস্থান (পৃ: ৫১৮), গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহীর সাস্ত (পৃ: ৫২০), খোলা অবস্থায় রক্ষিত পরিবাহীসমূহের নাগাল পাওয়া (পৃ: ৫২১), সতর্কতার বিজ্ঞপ্তি (পৃ: ৫২১), বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতিতে হাত দেওয়া (পৃ: ৫২২), যানবাহন, ক্রেন প্রভৃতিতে সরবরাহ দেওয়া (পৃ: ৫২৩), বহন বা পরিবহণযোগ্য যন্ত্রপাতির জন্য ব্যবহৃত কেবল্ (পৃ: ৫২৪), বিটুমিন জাতীয় পদার্থসমূহের দ্বারা সংরক্ষিত কেবল্ (পৃ: ৫২৪), বাস্তার বাক্স (পৃ: ৫২৬), বিভিন্ন তড়িৎ চাপের বর্তনীর স্বাতন্ত্র্য (পৃ: ৫২৬), আকস্মিক বিদ্যুৎ-প্রবাহের সঞ্চার (পৃ: ৫২৭), রক্ষাপ্রদ সরঞ্জাম সম্পর্কে প্রযোজ্য বিধানসমূহ (পৃ: ৫২৭), তড়িতাহত ব্যক্তিদের সুস্থ করিয়া তোলার নির্দেশসমূহ (পৃ: ৫২৮), দুর্ঘটনাসমূহ জ্ঞাপন করা (পৃ: ৫২), গ্রাহক, মালিক, বৈদ্যুতিক ঠিকাদার, বৈদ্যুতিক মিস্ত্রী ও সরবরাহকারীদের যে-সকল সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে (পৃ: ৫৩০), গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা মাঝে মাঝে পরিদর্শন ও পরীক্ষা করা (পৃ: ৫৩২)।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ :

বিদ্যুৎ সরবরাহ ও ব্যবহার সম্পর্কে সাধারণ সর্তাবলী (Chapter V : General Conditions relating to Supply and use of Energy) : গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরীক্ষা (পৃ: ৫৩৪), সংযোগের পূর্বে বিদ্যুৎ নির্গমনের বিরুদ্ধে সতর্কতা (পৃ: ৫৩৫), গ্রাহকের বাড়ীতে বিদ্যুৎ-নির্গমন (পৃ: ৫৩৬), বিদ্যুতের সরবরাহ ও ব্যবহার (পৃ: ৫৩৮), মাঝারি, উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের বৈদ্যুতিক স্থাপনা সম্পর্কে প্রযোজ্য বিধানসমূহ (পৃ: ৫৪১), ত্রুটি সম্পর্কে পরিদর্শকের নিকট আপীল (পৃ: ৫৪৩), গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা

প্রথম অধ্যায়

ডি. সি জেনারেটার ও ডি. সি মোটর

উপক্রমণিকা

তড়িৎ-বর্তনীতে তড়িৎ-চাপ উৎপাদন (Production of E. M. F. in Electric Circuit)

0-১। তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিবার বিভিন্ন পদ্ধতি (Different Methods of Establishing E M. F.)

কোন যন্ত্র বা মেসিনের সাহায্যে বৈদ্যুতিক-শক্তি উৎপাদন করিতে হইলে সর্বপ্রথমে উহাতে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করা প্রয়োজন। তড়িৎ-চাপ ব্যতিরেকে তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হয় না, আর তড়িৎ-প্রবাহ না থাকিলে তড়িৎ শক্তিও পাওয়া যায় না। তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করিতে পারিলে তবেই বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হইয়া থাকে। সেইজন্য যে-সকল মেসিনের সাহায্যে বৈদ্যুতিক-শক্তি উৎপাদন করা হয়, তাহাদের গঠন ও কার্যপ্রণালী সম্বন্ধে সঠিক ধারণা ও সবিশেষ জ্ঞান সঞ্চয় করিতে হইলে প্রথমে জানা প্রয়োজন কি কি উপায় অবলম্বন করিয়া বর্তনীতে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করা যায়।

কোন পরিবাহীতে (conductor) বা কোন তড়িৎ-বর্তনীতে (electric circuit) তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিবার যে-সকল পদ্ধতি প্রচলিত আছে, তাহাদের মোটামুটি তিন ভাগে ভাগ করা যাইতে পারে। যথা—

(১) রাসায়নিক প্রক্রিয়ার দ্বারা (by chemical action),

এই পদ্ধতি প্রাইমারি ব্যাটারি ও সেলে ব্যবহৃত হইয়া থাকে, এবং ইহার দ্বারা খুব অল্প পরিমাণ বৈদ্যুতিক-শক্তি উৎপন্ন করা যায়।

(২) উত্তাপের প্রতিক্রিয়ার দ্বারা (by heating effect),

দুইটি ভিন্ন ধাতুর সংযোগ স্থলে উত্তাপ প্রয়োগ করিলে খুব অল্প পরিমাণে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়। তড়িৎ চাপের অল্পতার জন্যই এই পদ্ধতির ব্যবহার অতিশয় সীমাবদ্ধ, কেবলমাত্র 'থার্মো-জংশন' (thermo-junction)-এ এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(৩) তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ দ্বারা (by electro-magnetic induction),

বৈদ্যুতিক কারিগরিতে এই পদ্ধতিই সর্বাপেক্ষা অধিক গুরুত্বপূর্ণ, এবং বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি ও মেসিনসমূহে ইহার ব্যবহার সর্বাধিক। বর্তমানে আমরা যে-সকল বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি দেখিতে পাই, তাহাদের কার্যপ্রণালী এই পদ্ধতিকে অবলম্বন করিয়াই গড়িয়া উঠিয়াছে।

ইংরাজি ১৮৩১ সালে জগৎ-বিখ্যাত বৈজ্ঞানিক মাইকেল ফ্যারাডে সর্বপ্রথম এই "তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ" বা "ইলেক্‌ট্রো-ম্যাগনেটিক ইণ্ডাক্‌শন" আবিষ্কার করেন। তিনি প্রমাণ করিয়া দেখান যে, কোন বৈদ্যুতিক পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার

মান যদি পরিবর্তিত হইতে থাকে, তবে সেই পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপ (E. M. F) আবিষ্ট হয়। তিনি আরও প্রমাণ করেন যে, এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ চুম্বক বলরেখা যে হারে পরিবর্তিত হইতে থাকে, তাহার সহিত সমানুপাতি। ফ্যারাডে প্রথম আবিষ্কার করেন বলিয়া এই তথ্য দুইটিকে **"তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশে ফ্যারাডের নিয়মাবলি,"** বা "Faraday's Laws of Electro-Magnetic Induction' বলা হইয়া থাকে।

কোন পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার মানের পরিবর্তন তিনটি ভিন্ন উপায়ে করা যাইতে পারে:

১নং উপায়: চুম্বকগুলিকে স্থির অবস্থায় রাখিয়া উহাদের ক্ষেত্রের মধ্যে পরিবাহীকে বা পরিবাহীর কুণ্ডলিকে (যে পরিবাহীতে অনেকগুলি পাক থাকে) সঞ্চালন করিলে বা ঘুরাইলে পরিবাহী চুম্বক বলরেখা কর্তন করে, ফলে সেই পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। [illegible] ও [illegible] পরিবাহীর জন্য এই পদ্ধতি সাধারণতঃ ডি সি মেসিনের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয়।

২নং উপায়: পরিবাহীকে চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে স্থির অবস্থায় রাখিয়া চুম্বকগুলিকে সঞ্চালন করিলে বা ঘুরাইলে [illegible] বলরেখা কর্তন করে, [illegible] পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। এই পদ্ধতি সাধারণতঃ [illegible] মেসিনে ব্যবহার করা [illegible], এবং [illegible]।

৩নং উপায়: চুম্বক [illegible] উহাদের [illegible] স্থাপিত পরিবাহী, [illegible] অল্টারনেটিং কারেন্ট দ্বারা চুম্বকগুলিকে উত্তেজিত করিলে [illegible] রেখাপ্রবাহ আপনা হইতেই [illegible]। আন্দোলিত হইতে থাকে, এবং এই আন্দোলনের সময় রেখাপ্রবাহ পরিবাহীকে কর্তন করে, ফলে পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। স্থায়ী চুম্বক বা ডিরেক্ট কারেন্ট সরবরাহ দ্বারা চুম্বককে উত্তেজিত করিলে উহার রেখাপ্রবাহ আন্দোলিত না হইয়া স্থির অবস্থায় থাকে। সেইজন্য এই পদ্ধতি কেবলমাত্র এ সি. মেসিনেই ব্যবহার করা চলিতে পারে—**যেমন**, ট্রান্সফরমার। ট্রান্সফরমারে চুম্বক ও পরিবাহী কুণ্ডলি (coil) উভয়েই স্থির থাকে, উহার কোন অংশেই কোন প্রকার গতিবেগ নাই। সেই কারণে অনেক সময় ইহাকে "নিশ্চল ট্রান্সফরমার" বা "Static transformer' ও বলা হইয়া থাকে, আর এই মেসিন একমাত্র এ সি সরবরাহেই ব্যবহার করা যায়।

এখন দেখা যাইতেছে যে, উপরি-উক্ত ১নং ও ২নং উপায় যে-সকল মেসিনে প্রয়োগ করা হয়, সেই সকল মেসিনে পরিবাহী অথবা চুম্বক এই দুইয়ের কোন একটি

গতিশীল থাকেই। সেই কারণে এই দুই উপায়ে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপকে "ডাইন্যামিক্যালি ইনডিউসড্ ই. এম এফ." (Dynamically induced e. m. f.) বলে। কিন্তু ৩নং উপায় যে মেসিনে প্রয়োগ করা হয়, তাহাতে কোন গতিশীল অংশ নাই; সেইজন্য এই উপায়ে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপকে বলা হয় "স্ট্যাটিক্যালি ইনডিউসড্ ই. এম. এফ." (Statically induced e. m. f.)। অতএব, যদিও ডি. সি. এবং এ. সি এই উভয় প্রকার মেসিনেই ডাইন্যামিক্যালি ইনডিউসড্ ই. এম. এফ. উৎপন্ন হয়, স্ট্যাটিক্যালি ইনডিউসড্ ই. এম. এফ. উৎপন্ন হয় কেবলমাত্র এ. সি. মেসিনেই।

0-: । তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশে ফ্যারাডের নিয়মাবলী (Faraday's Laws of Electro-Magnetic Induction)

প্রথম নিয়ম (First Law):

কোন তড়িৎ-বর্তনীর সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার সংখ্যা যখন পরিবর্তিত হইতে থাকে, তখন সেই বর্তনীতে তড়িৎ চাপ আবিষ্ট হয় (Whenever the number of magnetic lines of force linking with an electric circuit is altered, an e. m. f. is induced in the circuit)।

দ্বিতীয় নিয়ম (Second Law):

এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখা যে দ্রুতিতে পরিবর্তিত হয় তাহার সহিত সমানুপাতি হইয়া থাকে (The magnitude of this induced e. m. f. is directly proportional to the rate of change of flux linking)।

এই নিয়ম দুইটি নিম্নলিখিত উপায়ে ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে:

মনে কর, একটি পরিবাহী কুণ্ডলির বা কয়েলের পাকের সংখ্যা N। এই কুণ্ডলির সহিত যে-সকল চুম্বক বলরেখা সংশ্লিষ্ট আছে তাহাদের সংখ্যা প্রথম দিকে ϕ_1 ওয়েবার এবং t সেকেণ্ড সময় পরে পরিবর্তিত হইয়া ϕ_2 ওয়েবার (দশ কোটি চুম্বক বলরেখার সমষ্টিকে একত্রে এক "ওয়েবার" বলা হয়, এবং এম. কে. এস. এককে ওয়েবারকেই রেখাপ্রবাহের একক হিসাবে ধরা হইয়াছে) হইল। সুতরাং

চুম্বক বলরেখার সংখ্যার মোট পরিবর্তন $=(\phi_2-\phi_1)$ ওয়েবার হইল। এই পরিবর্তন t সেকেণ্ড সময়ের মধ্যে হয় বলিয়া

প্রতি সেকেণ্ডে সংখ্যার পরিবর্তনের হার $=\frac{(\phi_2-\phi_1)}{t}$ ওয়েবার/সেকেণ্ড।

অতএব প্রতিটি পরিবাহীতে, অর্থাৎ কুণ্ডলির প্রতি পাকে

$$\text{উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ}=\frac{(\phi_2-\phi_1)}{t}\ \text{ভোল্ট}$$

যেহেতু কুণ্ডলিতে N সংখ্যক পাক আছে, সুতরাং কুণ্ডলিতে বা কয়েলে মোট উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ

$$e=N\frac{(\phi_2-\phi_1)}{t} \text{ ভোল্ট হইবে।}$$

এখন যদি $(\phi_2-\phi_1)=\phi$ ধরা যায়, তবে $e=N\frac{\phi}{t}$ ভোল্ট।

এই তড়িৎ-চাপকে সাধারণতঃ $-N\frac{\phi}{t}$ ভোল্ট হিসাবে দেখানো হয়। বিয়োগ চিহ্নটি (negative sign) ব্যবহার করিবার কারণ, এই আবিষ্ট তড়িৎ চাপ বর্তনীর মধ্যে যে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে, তাহার চুম্বকীয় প্রভাব উক্ত প্রবাহের সৃষ্টিকেই বাধা দেয় (the induced e. m. f. sets up a current such that the magnetic effect due to this current opposes the very action setting it up)। প্রখ্যাত বৈজ্ঞানিক "লেঞ্জ" (Lenz) এই তথ্যটি আবিষ্কার করেন। সেইজন্য ইহাকে **"লেঞ্জের নিয়ম"** বা **Lenz's Law** বলা হয়।

উদাহরণ ১। একটি কুণ্ডলির পাকের সংখ্যা ২০০। এই কুণ্ডলির সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার সংখ্যা যদি ০১ সেকেণ্ড সময়ের মধ্যে ০০১ ওয়েবার হইতে পরিবর্তিত হইয়া ০.০২৫ ওয়েবার হয়, তবে কুণ্ডলিতে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত ?

এখানে $\phi_1=$ ০.০১ ওয়েবার, $\phi_2=$ ০.০২৫ ওয়েবার, $t=$ ০.১ সেকেণ্ড, $N=$ ২০০।

$\phi=\phi_2-\phi_1=$ ০.০২৫ $-$ ০.০১ $=$ ০.০১৫ ওয়েবার।

অতএব কুণ্ডলিতে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-চাপ, $e=N\frac{\phi}{t}=$ ২০০ $\times\frac{০.০১৫}{০.১}$

$=$ ৩০ ভোল্ট।

উদাহরণ ২। একটি কুণ্ডলির রোধ (resistance) ১০০ ওম এবং উহার পাকের সংখ্যা ১০০। এই কুণ্ডলির সহিত সিরিজে একটি গ্যালভ্যানোমিটার সংযুক্ত আছে। গ্যালভ্যানোমিটারের রোধ ৪০০ ওম। এখন কুণ্ডলিটি যদি এমন একটি চুম্বক-ক্ষেত্রে স্থাপন করা যায় যাহার রেখাপ্রবাহের সংখ্যা ০.২ মিলিওয়েবার, এবং এই কুণ্ডলি সঞ্চালন করিয়া ০.০১ সেকেণ্ড পরে যদি আর একটি চুম্বক-ক্ষেত্রে লইয়া যাওয়া যায় যেখানে রেখাপ্রবাহের সংখ্যা ১ মিলিওয়েবার, তবে কুণ্ডলিতে যে পরিমাণ তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $\phi_1=$ ০.২ মিলিওয়েবার $=\frac{০.২}{১০০০}$ ওয়েবার,

$\phi_2=$ ১.০ মিলিওয়েবার $=\frac{১.০}{১০০০}$ ওয়েবার,

$N=$ ১০০ পাক, $t=$ ০.০১ সেকেণ্ড।

সুতরাং কুণ্ডলিতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ

$$e = N\frac{(\phi_2 - \phi_1)}{t} = ১০০ \times \frac{\left(\frac{১'০}{১০০০} - \frac{০'২}{১০০০}\right)}{০'০১}$$

$$= \frac{১০০ \times ০'৮}{১০০০ \times ০'০১} = \frac{৮০}{১০} = ৮'০ \text{ ভোল্ট।}$$

কুণ্ডলির সহিত গ্যালভ্যানোমিটার সিরিজে সংযুক্ত থাকায় তড়িৎ-বর্তনীর সমবেত রোধ

$R = ১০০ + ৪০০ — ৫০০$ ওম হইবে।

সুতরাং ওমের নিয়ম অনুসারে কুণ্ডলিতে উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ

$$I = \frac{e}{R} = \frac{৮'০}{৫০০} = ০'০১৬ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

উদাহরণ ৩। একটি কুণ্ডলিতে ৫০টি পাক আছে এবং উহার সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার সংখ্যা ০'০৪ ওয়েবার। ০'১ সেকেণ্ড পরে সমগ্র রেখাপ্রবাহ যদি পরিবর্তিত হইয়া বিপরীতমুখী (**reversed**) হয়, তবে কুণ্ডলিতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত হইবে?

এখানে $\phi_1 = ০'০৪$ ওয়েবার,

$\phi_2 = -০'০৪$ ওয়েবার (চুম্বক-রেখা বিপরীতমুখী হওয়াতে ϕ_2-এর মানের পূর্বে বিয়োগ চিহ্ন দেওয়া হইয়াছে),

$N = ৫০$, ও $t = ০'১$ সেকেণ্ড।

সুতরাং কুণ্ডলিতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ

$$e = N\frac{(\phi_1 - \phi_2)}{t} = ৫০ \times \frac{[০'০৪ - (-০'০৪)]}{০'০১} \text{ ভোল্ট}$$

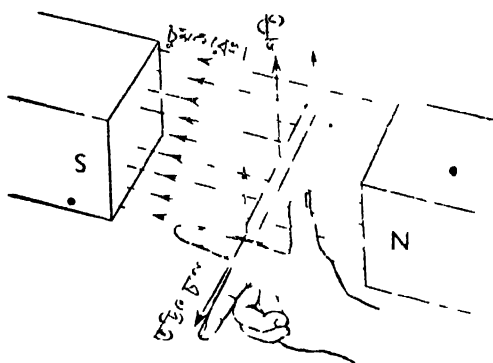
$$\frac{৫০ \times ০'০৮}{০'১} = ৪০ \text{ ভোল্ট।}$$

0-৩। উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের অভিমুখ ঃ ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম (Direction of the Induced E. M. F. ঃ Fleming's Right-hand Rule)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, ডি. সি. মেসিনে চুম্বকগুলিকে স্থির অবস্থায় রাখিয়া উহাদের ক্ষেত্রের মধ্যে কুণ্ডলি বা পরিবাহীকে ঘুরানো হয়, ফলে পরিবাহী চুম্বক-রেখা কর্তন করে এবং উহাতে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। এখন, এই চুম্বক-রেখার অভিমুখ, পরিবাহীর গতির অভিমুখ ও আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ নিজেদের মধ্যে সর্বদা একটি নির্দিষ্ট সম্বন্ধ বজায় রাখিয়া চলে। এই সম্বন্ধ সর্বপ্রথম প্রখ্যাত বৈজ্ঞানিক ফ্লেমিং আবিষ্কার করেন বলিয়া, এবং সম্বন্ধটি বুঝাইতে ডান হাতের বুড়ো আঙ্গুল, তর্জনী ও মধ্যমা ব্যবহার করিতে হয় বলিয়া, ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে **"ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম"** বা **"Fleming's Right-hand Rule"**। নিয়মটি নিম্নলিখিত উপায়ে বিবৃত করা হয়।

যদি দক্ষিণ হস্তের বৃদ্ধাঙ্গুলি, তর্জনী এবং মধ্যমা পরস্পরের সমকোণে বাঁকাইয়া তর্জনীকে চুম্বক রেখাপ্রবাহের অভিমুখে প্রসারিত করা যায়, আর পরিবাহীর গতির অভিমুখে প্রসারিত করা যায় বৃদ্ধাঙ্গুলির অগ্রভাগ, তবে প্রসারিত মধ্যমা উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের অভিমুখ নির্দেশ করিবে।

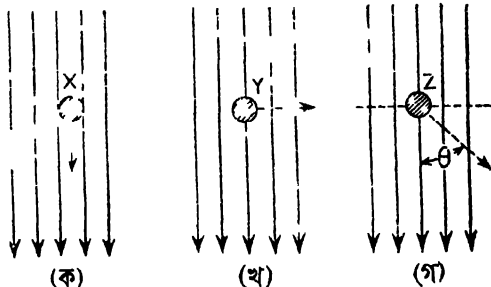
এই বিবৃতি ১নং চিত্রের সাহায্যে দেখানো হইল

মনে কর, একটি পরিবাহীর ডান দিকে চুম্বকের উত্তর মেরু (north pole) আর বাঁ দিকে দক্ষিণ মেরু (south pole) অবস্থিত আছে। অতএব ডান হাতের তর্জনীকে দক্ষিণ মেরুর দিকে প্রসারিত করা হইল (কারণ চুম্বকের রেখাপ্রবাহ উত্তর মেরু হইতে দক্ষিণ মেরু অভিমুখে অগ্রসর হইয়া থাকে)। এইবার দেখিতে হইবে পরিবাহীর গতি কোন দিকে, মনে কর, উহা নীচের দিক হইতে উপরের দিকে অগ্রসর হইয়া চুম্বক রেখা কর্তন করিতেছে। অতএব ডান হাতের বুড়ো

আঙ্গুলকে ঘুরাইয়া উপরের দিকে প্রসারিত করা হইল। এখন মধ্যমার অগ্রভাগ যে দিকে প্রসারিত রহিয়াছে, তাহাই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ (positive direction)।

০-৪। উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ (Magnitude of the Dynamically Induced E M F)

চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত তিনটি পরিবাহীর (X, Y ও Z) প্রস্থচ্ছেদ এবং তৎসংলগ্ন তীর চিহ্নের দ্বারা উহাদের গতির অভিমুখ ২নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ২ (ক) নং চিত্রে দেখ X-পরিবাহীটি চুম্বক-রেখার সহিত সমান্তরালভাবে অগ্রসর হইতেছে। সুতরাং উহা রেখাপ্রবাহ কর্তন করিতে পারিবে না, অতএব এই পরিবাহীতে কোন তড়িৎ-চাপও

নং চিত্র

আবিষ্ট হইবে না। ২ (খ) নং চিত্রে দেখ Y-পরিবাহীর গতিপথ চুম্বক-রেখার সহিত

লম্বভাবে অবস্থিত আছে এবং এই পরিবাহী সমকোণে রেখাপ্রবাহ কর্তন করিতেছে। এই পরিবাহীতে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইবে তাহার পরিমাণ

$$e = Blv$$ ভোল্ট হইবে।

এখানে B-দ্বারা চুম্বক ক্ষেত্রের রেখাপ্রবাহের ঘনত্ব (flux density of the magnetic field) বুঝানো হইয়াছে। চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রতি বর্গ মিটার আয়তনের মধ্যে অবস্থিত বলরেখার সংখ্যা যত ওয়েবার, ইহার মান তত ওয়েবার (weber per square metre) হইবে,

l-দ্বারা বুঝানো হইয়াছে পরিবাহীর কার্যকরী দৈর্ঘ্য (active length of the conductor). ইহার একক 'মিটার' (পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের যতটা অংশ চুম্বক-রেখা কর্তন করে, ততটা অংশকেই কার্যকরী দৈর্ঘ্য বলা হইয়া থাকে),

এবং v-দ্বারা পরিবাহীর গতিবেগের হার (velocity of the conductor) বুঝানো হইয়াছে, পরিবাহী প্রতি সেকেণ্ডে সময়ে যত মিটার দূরত্ব অতিক্রম করিবে, ইহার পরিমাণ তত মিটার (metre per second) হইবে।

পরিবাহী চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে বৃত্তাকারে ঘুরিতে থাকিলেও (rotates in a circular path) উহাতে এই পরিমাণ তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইবে।

২ (গ) নং চিত্রে দেখ Z-পরিবাহীটি চুম্বক-রেখার অভিমুখের সহিত θ ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করিয়া অগ্রসর হইতেছে। সুতরাং এই পরিবাহীতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ

$$e = Blv \sin\theta$$ ভোল্ট হইবে।

উদাহরণ ৪। ৫০ সেণ্টিমিটার দৈর্ঘ্যের একটি পরিবাহী কোন চুম্বক ক্ষেত্রে প্রতি সেকেণ্ডে ৪০ মিটার গতিবেগে সঞ্চালিত হইতেছে। চুম্বক ক্ষেত্রের রেখাপ্রবাহের ঘনত্ব প্রতি বর্গ মিটারে ১ ওয়েবার। যদি পরিবাহীর গতিপথ রেখাপ্রবাহের অভিমুখের সহিত (ক) সমকোণে অবস্থান করে, (খ) ৩০ ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করিয়া অবস্থান করে, তবে পরিবাহীতে আবিষ্ট (induced) তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত?

এখানে B = প্রতি বর্গ মিটারে ১ ওয়েবার, l = ৫০ সেণ্টিমিটার = $\frac{৫০}{১০০}$ মিটার,

এবং v = প্রতি সেকেণ্ডে ৪০ মিটার।

(ক) যখন পরিবাহী সমকোণে চুম্বক-রেখা কর্তন করে, তখন আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$e = B\,l\,v$ ভোল্ট

$= ১ \times \frac{৫০}{১০০} \times ৪০$

= ২০ ভোল্ট।

(খ) যখন পরিবাহী ৩০ ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করিয়া চুম্বক-রেখা কর্তন করে, তখন আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$$e = Blv \sin\theta \text{ ভোল্ট}$$

$$= ১ \times \frac{৫০}{১০০} \times ৪০ \sin ৩০^\circ$$

$$= ১ \times \frac{৫০}{১০০} \times ৪০ \times ০.৫ = \underline{১০ \text{ ভোল্ট}}$$

উদাহরণ ৫। কোন একটি আর্মেচারের উপবিভাগে ১২ ইঞ্চি দৈর্ঘ্যের একটি পরিবাহী অবস্থিত আছে। আর্মেচারের ব্যাস ১৮ ইঞ্চি এবং উহা চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক বৃত্তাকারে ঘুরিতেছে। যদি চুম্বক-ক্ষেত্রের রেখাপ্রবাহের ঘনত্ব প্রতি বর্গ মিটারে ০.৬ ওয়েবার হয়, তবে পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে B = প্রতি বর্গ মিটারে ০.৬ ওয়েবার,

l = ১২ ইঞ্চি = $\frac{১২ \times ২.৫৪}{১০০}$ মিটার = ০.৩০৪৮ মিটার,

আর্মেচারের ব্যাস অর্থাৎ diameter, d = ১৮ ইঞ্চি = $\frac{১৮ \times ২.৫৪}{১০০}$ মিটার

= ০.৪৫৭২ মিটার,

সুতরাং

$$v = \pi d \times \frac{\text{আর্মেচার প্রতি মিনিটে যত পাক ঘুরে (r.p.m.)}}{৬০} \text{ মিটার/সেকেণ্ড}$$

$$= ৩.১৪ \times ০.৪৫৭২ \times \frac{১০০০}{৬০}$$

$$= ২৩.৯ \text{ মিটার/সেকেণ্ড।}$$

$$e = Blv \text{ ভোল্ট}$$

$$= ০.৬ \times ০.৩০৪৮ \times ২৩.৯$$

$$= ৪.৪ \underline{\text{ ভোল্ট}}\text{।}$$

প্রশ্নমালা

১। তড়িৎ-বর্তনীতে (electric circuit) যে-সকল বিভিন্ন উপায়ে তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করা যায়, তাহাদের উল্লেখ কর। কোন্ পদ্ধতি কি কাজে ব্যবহার করা হয় তাহাও বল।

২। তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশে ফ্যারাডের নিয়মাবলী উল্লেখ কর। এই নিয়মাবলী ব্যবহারিক ক্ষেত্রে কি কি উপায়ে প্রয়োগ করা যায় ?

৩। একটি পরিবাহী কুণ্ডলির পাকের সংখ্যা ৫০। এই পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার সংখ্যা ০·১ সেকেণ্ড সময়ের মধ্যে ০·০১ ওয়েবার হইতে কমিয়া যদি শূন্য মানে দাড়ায়, তবে উহাতে কি পরিমাণ তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইবে? (উঃ ৫ ভোল্ট।)

৪। স্ট্যাটিক্যালি ইনডিউসড্ ই. এম. এফ. ও ডাইন্যামিক্যালি ইনডিউসড্ ই. এম. এফ. কাহাকে বলে? ডি সি. জেনারেটারে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহা কোন্ ধরনের ই. এম. এফ.?

৫। ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম বিবৃত কর। এই নিয়মের সাহায্যে যেভাবে ডাইন্যামিক্যালি ইনডিউসড্ ই. এম. এফ.-এর অভিমুখ নির্ণয় করা যায়, তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাও।

৬। একটি পরিবাহীর দৈর্ঘ্য ১২০ সেন্টিমিটার। এই পরিবাহী একটি চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে প্রতি সেকেণ্ডে ২০০ সেন্টিমিটার বেগে সঞ্চালিত হয়, এবং উহার গতিপথ চুম্বক-রেখার অভিমুখের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত। যদি চুম্বক-ক্ষেত্রের রেখাপ্রবাহের ঘনত্ব প্রতি বর্গ মিটারে ২ ওয়েবার হয়, তবে পরিবাহীতে আবিষ্ট (induced) তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত? (উঃ ৪·৮ ভোল্ট।)

৭। ২৫ সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যের কোন পরিবাহী দিয়া ১০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এই পরিবাহী প্রতি সেকেণ্ডে ৫০ ইঞ্চি গতিবেগে যে চুম্বক-ক্ষেত্রে সঞ্চালিত হয় তাহার রেখাপ্রবাহের ঘনত্ব প্রতি বর্গ মিটারে ০·৫ ওয়েবার হইলে, এবং পরিবাহীর গতিপথ চুম্বক-রেখার অভিমুখের সহিত সমকোণে অবস্থান করিলে, পরিবাহীতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর। (উঃ ০·১৫৮৮ ভোল্ট, ১৫·৮৮ ওয়াট।)

প্রথম পরিচ্ছেদ

ডি. সি. জেনারেটার (D. C. Generator)

জেনারেটার এমন একটি মেসিন যাহার সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। এই রূপান্তর করার কাজে প্রয়োজন একটি চুম্বক-ক্ষেত্র ও একটি আর্মেচার। আর্মেচারের উপরিভাগে পরিবাহী কুণ্ডলিসমূহ বসানো থাকে এবং উহাকে একটি মেসিনের সাহায্যে চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরানো হয় যাহাতে গতিবেগের মধ্য দিয়া উহা যান্ত্রিক শক্তি লাভ করিতে পারে। যে মেসিনটির সাহায্যে আর্মেচারকে ঘুরানো হয় তাহা একটি বাষ্পীয় ইঞ্জিন অথবা পেট্রল ইঞ্জিন অথবা ডিজেল ইঞ্জিন হইতে পারে, আবার তাহা একটি বৈদ্যুতিক মোটরও হইতে পারে। যাহাই হউক না কেন, উহা আর্মেচারকে ঘুরায় বলিয়া সাধারণভাবে এই মেসিনকে জেনারেটারের "প্রাইম মুভার" (prime mover) বলা হইয়া থাকে। ঘুরিবার সময় আর্মেচারের উপরিভাগে স্থাপিত পরিবাহী চুম্বক বলরেখা কর্তন করে, ফলে কুণ্ডলিসমূহে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়। পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে—

(১) আর্মেচারকে দক্ষিণাবর্তে (clockwise) ঘুরাইলে তড়িৎ-চাপের অভিমুখ যেদিকে হয়, বামাবর্তে (anti-clockwise) ঘুরাইলে উহার অভিমুখ তাহার ঠিক বিপরীত দিকে হয়,

(২) আর্মেচারকে যত জোরে ঘুরানো যায়, উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ ততই বৃদ্ধি পায়,

(৩) আর্মেচারের গতিবেগ ও গতিমুখ অপরিবর্তিত থাকিলেও চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা যে অনুপাতে হ্রাস পায়, তড়িৎ-চাপের পরিমাণও সেই অনুপাতে কমিতে থাকে।

অতএব একটি জেনারেটারে কি পরিমাণ বৈদ্যুতিক-শক্তি উৎপন্ন হইবে, তাহা নির্ভর করে পরিবাহী কুণ্ডলীর সংখ্যা, আর্মেচারের গতিবেগ, আর চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যার উপর।

১-১। ডি. সি. জেনারেটারের আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ

ডি সি জেনারেটারে আর্মেচার ঘোরে, কিন্তু তড়িৎ-চুম্বকগুলি স্থির থাকে। ঘুরিবার সময় আর্মেচারে স্থাপিত পরিবাহীসমূহ চুম্বক বলরেখা কর্তন করে; ফলে উহাদিগের মধ্যে আবিষ্ট (induced) তড়িৎ-চাপ ও সেই সঙ্গে আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই তড়িৎ-চাপ কি ধরনের হয়, তাহা বুঝিবার জন্য চুম্বকের দুই পোলের মধ্যবর্তী অংশে একটি একপাক ওয়ালা কুণ্ডলি অবস্থিত আছে এবং সেই কুণ্ডলিকে দক্ষিণাবর্তে ঘুরানো হইতেছে, এইরূপ কল্পনা করা যাক। এই প্রকার বন্দোবস্ত ১নং চিত্রে দেখানো হইল।

কুণ্ডলির দক্ষিণ প্রান্তই পজিটিভ টার্মিন্যাল। সুতরাং ab আর cd অংশে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ দুইটি পরস্পরের সঙ্গে সিরিজে কার্যকরী হইবে।

অর্ধপাক ঘুরিবার পরে ab আর cd অংশ যখন পরস্পরের সহিত স্থান পরিবর্তন করিবে, তখন cd অংশে d হইতে c-এর দিকে এবং ab অংশে b হইতে a-এর দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইবে। সুতরা d প্রান্তের পরিবর্তে এইবার কুণ্ডলির a প্রান্ত পজিটিভ টার্মিন্যাল হইবে, ফলে বাহিরের সারকিটে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখও বিপরীত হইবে। অতএব এই ব্যবস্থায় কুণ্ডলি এ. সি. জেনারেটারের ন্যায় কাজ করিবে, আর এই কুণ্ডলি হইতে বাহিরের সারকিটে যে কারেন্ট পাওয়া যাইবে, তাহা একবার বাঁ দিক হইতে ডান দিকে, আর একবার ডান দিক হইতে বাঁ দিকে প্রবাহিত হইতে থাকিবে। এই প্রকার তড়িৎ-চাপকে ইংরাজিতে অল্টারনেটিং ই. এম. এফ. (বাংলায়, পরিবর্তী তড়িৎ-চাপ) এবং ইহা হইতে উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহকে অল্টারনেটিং কারেন্ট (বাংলায়, পরিবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ) বলে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, সমস্ত জেনারেটার—সে ডি. সি. জেনারেটার বা ডাইনামোই হউক, কিংবা এ. সি. জেনারেটার বা অল্টারনেটারই হউক—তাহাদের আর্মেচার-কয়েলে যে প্রকার তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহা অল্টারনেটিং। এই অল্টারনেটিং তড়িৎ-চাপকে কম্যুটেটারের (commutator) সাহায্যে ডিরেক্ট ই. এম. এফ. রূপে বাহিরের সারকিটে সরবরাহ করা হয়, আর সেই কারণেই ডি. সি. জেনারেটারের আর্মেচারে কম্যুটেটার (বা সংশোধক যন্ত্র) লাগানো থাকে।

১-২। ডি. সি. জেনারেটারের বিভিন্ন অংশ (Different Parts of a D. C. Generator)

ডি. সি. জেনারেটার প্রধানতঃ দুইটি অংশ লইয়া গঠিত—

(১) একটি অংশ চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে এবং সেই রেখাপ্রবাহ যতটা স্থান জুড়িয়া থাকে, ততটা স্থানে এক চুম্বক-ক্ষেত্রের সৃষ্টি করে, এই অংশকে জেনারেটারের ফীল্ড (field) বলে, এবং

(২) অপর অংশ পরিবাহী কুণ্ডলিসমূহকে চুম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরায় এবং কুণ্ডলিতে বা কয়েলে যে পরিবর্তী তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়, তাহা কম্যুটেটার ও ব্রাশের সাহায্যে অনুবর্তী তড়িৎ প্রবাহ রূপে বাহিরের বর্তনীতে প্রেরণ করে, এই অংশকে জেনারেটারের আর্মেচার (armature) বলে।

(ক) ফীল্ড (Field)

বৈদ্যুতিক মেসিনে সাধারণতঃ স্থায়ী-চুম্বক (permanent magnet) ব্যবহার করা হয় না, তড়িৎ চুম্বক বা ইলেকট্রো-ম্যাগনেট (electro-magnet) ব্যবহার করা হয়। ইহাকে **ফীল্ড-ম্যাগনেট** (field magnet) বলে। এই তড়িৎ-চুম্বকে যে ঢালাই ইস্পাত (cast steel) বা ঢালাই লোহা (cast iron) বা ইস্পাতের চাদর হইতে কাটিয়া তৈরী করা (sheet steel laminations) অংশের উপর ফীল্ড-কয়েল

বসানো থাকে, তাহার নাম **পোল-কোর** (pole core)। কোরের মুখে (অর্থাৎ যেদিকে আর্মেচার থাকে, সেই দিকে) দুই পাশে একটু বাড়ানো বাঁকা লোহার অংশের নাম **পোল-শূ** (pole shoe)। যে বড় রিংয়ের (ring) সাহায্যে ফীল্ড-পোলগুলি একত্র করা থাকে, তাহার নাম **ইয়োক** (yoke)। পোলগুলি নাট ও বল্টুর সাহায্যে দৃঢ়ভাবে এই ইয়োকের সহিত আটকানো থাকে। পোল-শূ পোল-কোরের সঙ্গে একত্রে ঢালাই করাও হয়, আবার আলাদাও হয়। আলাদা হইলে উহা এক বা একাধিক স্ক্রু (screw) দিয়া পোল-কোরের সঙ্গে আঁটা থাকে। তখন আগে ফীল্ড-কয়েল পরাইয়া পরে স্ক্রু দিয়া কোরের সহিত পোল-শূ আঁটা হয়।

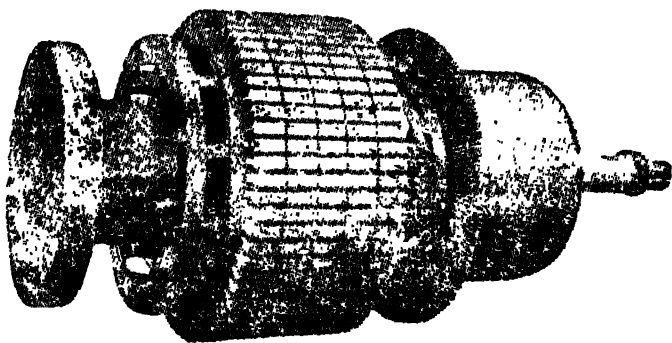
যখন ফীল্ড-কয়েল দিয়া অনুবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ পাঠানো হয়, তখন প্রত্যেকটি কোর এক-একটি তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হয়। ফীল্ড-কয়েলের মধ্যে ইস্পাত বা ঢালাই লোহার কোর থাকাতে চুম্বকের জোর খুব বেশী হয়। লোহা কিংবা ইস্পাত না থাকিলে চুম্বক তত জোরালো হয় না। আর্মেচারের কোর যেমন বাঁকা, পোল-শূও ঠিক সেই রকম করিয়া বাঁকানো থাকে বলিয়া আর্মেচারের উপরিভাগের অনেকটা পোল-শূর ভিতরে পড়ে, আর এই ব্যবস্থা পরিবাহীতে অধিক পরিমাণে তড়িৎ চাপ উৎপন্ন করিতে সহায়ক হয়।

(খ) আর্মেচার (Armature)

জেনারেটারের যে অংশ ঘোরে, তাহার নাম আর্মেচার। ইহার কেন্দ্রস্থলে একটি লম্বা বাঁকা লোহা (wrought iron) বা নরম ইস্পাতের (mild steel) রড (rod) বা ডাণ্ডা থাকে, তাহাকে **আর্মেচার-শাফ্‌ট্‌** (armature shaft) বলে। ইহা লেদ (lathe) মেশিনে কোঁদা। এই শাফ্‌টের উপরেই **আর্মেচার-কোর** (armature core) বসানো থাকে।

আর্মেচার-কোর দেখিতে ঠিক দাঁত কাটা চাকার মত। তবে এই কোর কোন অখণ্ড বস্তু নহে, খুব পাতলা পাতলা বহু দাঁত কাটা লোহার চাক্‌তি একত্র করিয়া শাফ্‌টের উপর শক্ত করিয়া আঁটা। এই সকল চাক্‌তিকে "আর্মেচার ডিস্ক" (armature discs) বা "আর্মেচার স্ট্যাম্পিং" (armature stampings) বলে। আজকাল আর্মেচার-ডিস্ক তৈরী করিবার জন্য কয়েক রকমের মিশ্র ইস্পাত পাওয়া যায়, যাহা ব্যবহার করিলে আর্মেচার-কোরে শক্তির অপচয় (power loss) খুব কম হয়, আর একই আকারের কোরের ভিতর অপেক্ষাকৃত অনেক বেশী চুম্বক বলরেখা প্রবেশ করিতে পারে, অথচ তাহাতে কোর অনেক কম গরম হয়। সিলিকন স্টীল (silicon steel) এই রকম একটি মিশ্র ইস্পাত। পাতলা ইস্পাতের চাদর হইতে কাটিয়া এই সকল চাক্‌তি বাহির করা হয়। চাদর সাধারণতঃ ০·০১ সেণ্টিমিটার মোটা হয়। প্রতিটি চাক্‌তির ঠিক মধ্যস্থলে এমন একটি ছিদ্র করা থাকে যাহার ভিতর দিয়া আর্মেচার-শাফ্‌ট্‌ সহজেই গলানো যায়। শাফ্‌টের উপরে বসাইবার আগে চাক্‌তি-গুলির একদিকে ইন্‌সুলেটিং বার্নিশ (insulating varnish) মাখাইয়া দেওয়া হয়,

যাহাতে উহাদের লোহা পরস্পরের সঙ্গে ঠেকাঠেকি হইতে না পারে। সব কয়টি চাক্তি শাফ্টের উপর বসাইবার পরে প্রথমে সাধারণতঃ উহাদের যন্ত্রের (press মেসিন) সাহায্যে খুব জোরে চাপ দেওয়া হয়, পরে নাট ও লম্বা লম্বা বল্টুর (nuts and straight through bolts) সাহায্যে এমনভাবে আঁটা হয়, যাহাতে ঐ চাক্তিগুলি একত্রিত হইয়া একটি নলাকৃতি (cylindrical) কাঠামোর আকার ধারণ করে। এই সমগ্র কাঠামোটিকেই আর্মেচার-কোর বলে।

আর্মেচার-কোর একটি লম্বা চাবির (key) সাহায্যে শাফ্টের সঙ্গে খুব দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ করা থাকে। উহার দাঁতকে ইংরাজিতে **আর্মেচার-টুথ** (armature tooth) আর খাঁজকে **আর্মেচার-স্লট** (armature slot) বলে। এই খাঁজের ভিতর অন্তরণ বা ইনসুলেশন দিয়া পরিবাহী কুণ্ডলি জড়ানো হয়, আর কুণ্ডলির প্রান্তগুলি কম্যুটেটারের সঙ্গে ঝালাই করিয়া দেওয়া হয়। পরে আর্মেচারকে লেদ মেসিনে ঘুরাইয়া কোরের উপরিভাগ সমান করিয়া কাটিয়া পালিশ করা হয়, এবং সর্বশেষে ইনসুলেটিং বার্নিশের সাহায্যে কুণ্ডলিযুক্ত আর্মেচারকে অন্তরিত (insulated) করা হয়। নিম্নে ৮নং চিত্রে একটি জেনারেটারের আর্মেচার-কোর ও কম্যুটেটার দেখানো হইল।

আর্মেচার-কোর ও কম্যুটেটার

৮নং চিত্র

একেবারে ডান দিকে আর্মেচার-শাফ্ট্। এইখানটা বেয়ারিং-এর মধ্যে ঘোরে। তাহার বাম দিকে রহিয়াছে কম্যুটেটার, আর বাম দিকে দাঁতঃকাটা অংশটা আর্মেচার-কোর। একেবারে বাম দিকে কাপলিং (Coupling)। ইহার সাহায্যে জেনারেটারকে ইঞ্জিনের সহিত জুড়িয়া দেওয়া হয়।

(গ) কম্যুটেটার বা দিক-বর্তক (Commutator)

জেনারেটারের যে অংশ ঘুরন্ত আর্মেচার-কয়েল হইতে পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহকে অনুবর্তী তড়িৎ রূপে বাহিরের বর্তনীতে প্রেরণ করে, তাহার নাম কম্যুটেটার ও ব্রাশ। এই কম্যুটেটার অনেকগুলি আলাদা আলাদা "সেগ্মেণ্ট" (commutator segments) বা খণ্ড একত্রে লইয়া গঠিত। সেগ্মেণ্টগুলি তামার চাদর হইতে কাটিয়া

লওয়া হয় এবং প্রয়োজনীয় সংখ্যক সেগমেন্ট গায়ে গায়ে সাজাইয়া উহাদের দুই-দুইটির মাঝখানে অভ্রের চাদর (mica sheet) এমনভাবে দেওয়া হয়, যাহাতে একটি সেগমেন্ট অপরটি হইতে সম্পূর্ণ অন্তরিত বা ইনসুলেট করা থাকে। অতঃপর আর্মেচার-কোরের সহিত একই শাফ্‌টের উপর এই কম্যুটেটারকে বেশ শক্ত করিয়া বসানো হয় এবং আর্মেচার কয়েলের শেষ প্রান্ত এক-একটি সেগমেন্টের সহিত ঝালাই করিয়া দেওয়া হয়। আর্মেচার যখন ঘোরে, কম্যুটেটারও উহার সহিত ঘুরিতে থাকে। আর্মেচার ওয়াইণ্ডিং হইতে তড়িৎ প্রবাহ কুণ্ডলীর বা কয়েলের প্রান্ত দিয়া কম্যুটেটার সেগমেন্টে আসে এবং সেই সেগমেন্ট হইতে ব্রাশের ভিতর দিয়া এই প্রবাহ বাহিরের সার্কিটে প্রেরিত হয়।

কম্যুটেটারের উপরিভাগ (Surface) অসমান বা উচ্চনীচু হইয়া গেলে লেদ মেসিনের সাহায্যে কাটিয়া সমান করিয়া দিতে হয়। কিন্তু এই রকম করিয়া বারবার কাটিতে গেলে ক্রমশঃ কম্যুটেটার পাতলা হইয়া আসে, আর অবশেষে উহা অধিক গরম হইতে আরম্ভ করে। এই অবস্থায় কম্যুটেটার বদলাইয়া ফেলিতে হয়। কম্যুটেটারকে কাটিয়া কতটা পাতলা করা যাইতে পারে, তাহা জানিবার জন্য কোন কোন কম্যুটেটার সেগমেন্টের গায়ে একটি করিয়া দাগ কিংবা গোল বৃত্ত (circle) চিহ্নিত করা থাকে। কাটিতে কাটিতে সেই চিহ্ন পর্যন্ত পৌছাইলে কম্যুটেটারকে আর পাতলা করা যায় না, কারণ কম্যুটেটার অধিক গরম হইবে, এমন কি পুড়িয়াও যাইতে পারে।

(ঘ) ব্রাশ (Brush)

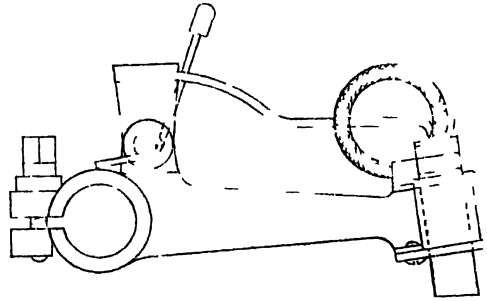
ঘূর্ণায়মান কম্যুটেটার হইতে তড়িৎ প্রবাহকে সংগ্রহ করিয়া বাহিরের বর্তনীতে প্রেরণ করাই ব্রাশের কাজ। ব্রাশ সাধারণতঃ বিশুদ্ধ কার্বন দ্বারাই তৈরী হয়, তবে কোন কোন ব্রাশে কার্বনের সহিত কিছু ধাতব চূর্ণও মিশ্রিত থাকে। যে ব্রাশের মধ্য দিয়া জেনারেটার হইতে তড়িৎ প্রবাহ বাহিরের সার্কিটে যায় তাহাকে পজিটিভ ব্রাশ (positive brush), আর যেটি দিয়া তড়িৎ প্রবাহ বাহির হইতে মেসিনে প্রবেশ করে তাহাকে নেগেটিভ ব্রাশ (negative brush) বলে। যদিও খুব ছোট ছোট মেসিনে পেন্সিলের মত গোল ব্রাশ ব্যবহার করিতে দেখা যায়, সাধারণভাবে জেনারেটার ও মোটরে চৌকো ব্রাশই ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এই ব্রাশ কতটা চওড়া হইবে, তাহা নির্ভর করে কম্যুটেটার সেগমেন্টের সংখ্যার উপর। আর্মেচারে যতগুলি খাঁজ থাকে যদি কম্যুটেটারে তাহার অর্ধেক সংখ্যক সেগমেন্ট থাকে, তবে এক-একটি সেগমেন্ট যতটা চওড়া হইবে, একটি ব্রাশও ততটাই বা তাহা অপেক্ষা কিছু বেশী চওড়া হইবে। আর যদি কম্যুটেটার-সেগমেন্টের সংখ্যা আর্মেচার-স্লটের সংখ্যার সমান হয়, তবে প্রত্যেকটি ব্রাশ দুই-দুইটি সেগমেন্ট অপেক্ষাও কিছু অধিক চওড়া হওয়া প্রয়োজন।

কার্বন ব্রাশ যদি ভালভাবে কম্যুটেটারের উপর চাপিয়া বসানো না থাকে, তবে আর্মেচার ঘুরিবার সময় কম্যুটেটারে আগুন (spark) দেখা দেয় এবং উহা গরম হইয়া

ওঠে, ফলে কম্যুটেটারের উপরে কালো দাগ পড়িতে আরম্ভ করে। এইরূপ যাহাতে না হইতে পারে সেই উদ্দেশ্যে প্রত্যেকটি ব্রাশ এক-একটি ছোট পিতলের বাক্সের (brass box) ভিতরে বসানো থাকে, এবং এই বাক্সের আকৃতি এমন হওয়া চাই যাহাতে ব্রাশ সহজেই তাহার ভিতর যাতায়াত করিতে পারে। এই বাক্সকেই বলা হয় **ব্রাশ-হোল্ডার** (brush holder)। ব্রাশকে ঠিক জায়গায় ধরিয়া রাখাই ইহার কাজ। ব্রাশ-হোল্ডারের ভিতরে কার্বন ব্রাশের উপরে একটি স্প্রীং বসানো থাকে, ইহার নাম **ব্রাশ-হোল্ডার স্প্রীং** (brush holder spring)। মেসিন অনবরত চলিবার সময় কম্যুটেটারের সহিত ঘর্ষণ হওয়ার ফলে ব্রাশ যখন ক্ষয় হইতে থাকে, তখন এই স্প্রীং একটু একটু করিয়া ব্রাশকে ঠেলিয়া দেয়, ফলে ব্রাশ সব সময়েই কম্যুটেটারের উপর চাপিয়া বসিয়া থাকে এবং তড়িৎ-প্রবাহের পথে আর কোন বাধার সৃষ্টি হয় না।

জেনারেটারে ও মোটরে ব্যবহৃত ব্রাশ-হোল্ডার দেখিতে সাধারণতঃ কিরূপ হয়, তাহা নিম্নে ৫নং চিত্রে দেখানো হইল।

১-৩।• ডি. সি. জেনারেটারে ফীল্ডের গঠন (Construction of Field in a D. C Generator)

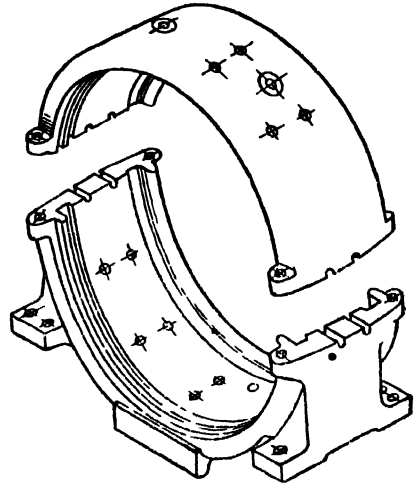
জেনারেটারের "ফীল্ড" বলিতে যে অংশ হইতে চুম্বক-ক্ষেত্র জন্মায়, তাহার সমস্তটাই বুঝায়। এই চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করিতে হইলে যে যে অংশ লইয়া ফীল্ডকে গঠন করা প্রয়োজন, তাহাদের সম্বন্ধে নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।

ডাইনামো ও মোটরের ব্রাশ-হোল্ডার ও ব্রাশ

৫ নং চিত্র

(১) ফ্রেম বা ইয়োক (Frame or Yoke)

জেনারেটারের ফ্রেম বা ইয়োক একই সঙ্গে দুইটি কাজ সমাধা করে—(ক) ইহা সমগ্র মেসিনটিকে নিজের মধ্যে ধারণ করিয়া রাখে, (খ) চুম্বক রেখাপ্রবাহ ইহার মধ্য দিয়া প্রত্যাবর্তন করিয়া নিজ নিজ পোলে ফিরিয়া যায় বলিয়া চুম্বক-ক্ষেত্রের অংশ হিসাবে ইহা কাজ করে। যদিও অধিকাংশ মেসিনেই ইয়োক ঢালাই করা ইস্পাতের দ্বারা তৈরী হয়, কিন্তু অপেক্ষাকৃত ছোট মেসিনে ঢালাই লোহার ব্যবহারও দেখা যায়। ঢালাই করা লোহা অপেক্ষা অবশ্য ঢালাই ইস্পাতই ভাল, কারণ সমান আকারের ক্ষেত্রে ইস্পাতের চুম্বক বলরেখা বহন করিবার ক্ষমতা ঢালাই লোহা অপেক্ষা অধিক, তাই ইস্পাত ব্যবহার করিলে পাতলা ইয়োক ব্যবহার করা চলে, বেশী ভারি করিয়া তৈরী করিবার দরকার করে না। ছোট এবং মাঝারি আকৃতির ইয়োক সাধারণতঃ একটি আস্ত ফ্রেম হিসাবেই ঢালাই হয়, কিন্তু বড় বড় মেসিনের ইয়োক দুইটি পৃথক

অংশে বিভক্ত করা থাকে—একটি উপরের অংশ ও অন্যটি নীচের অংশ। যখন নীচের অংশের সহিত উপরের অংশ নাট আর বল্টুর সাহায্যে সুদৃঢ়ভাবে আবদ্ধ করা হয়, তখন তাহা একটি আস্ত ইয়োকের আকার ধারণ করে। এইরূপ একটি ইয়োকের গড়ন ৬ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ইয়োক দুই অংশে বিভক্ত থাকিলে মেসিন সংস্থাপন করিতে বা স্থানান্তর করিবার সময় প্যাকিং করিতে কাজের বিশেষ সুবিধা হয়।

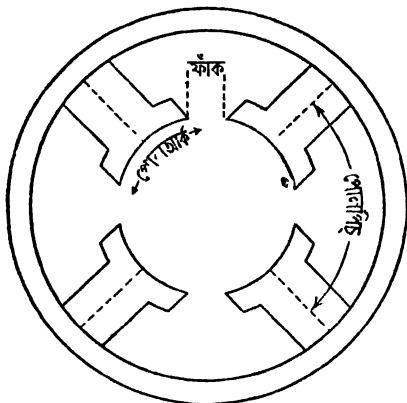
ফীল্ড-কয়েল সহ পোল-কোরগুলি ইয়োকের ভিতরের দিকে আবদ্ধ করা থাকে, আর বাহিরের দিকে ইয়োক একটি মোটা পাতের (bed plate) উপর পায়ার সাহায্যে দৃঢ়ভাবে বসানো থাকে। এই পাত আর পায়া উভয়ই সাধারণতঃ ঢালাই লোহার দ্বারা তৈরী হয়। ইয়োকের দুই পার্শ্বে যে দুইটি প্রান্ত চাপ (end cover) বা কভারের সাহায্যে ঢাকা থাকে, তাহাতেই বেয়ারিং (bearing) বসানো হয়, আর সেই বেয়ারিংয়ের ভিতরে আর্মেচারের শাফ্ট ঘোরে। এইভাবে একটি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশ ইয়োক ধারণ করিয়া রাখে।

৬নং চিত্র

(২) ফীল্ড-কোর বা পোল কোর (Field Cores or Pole Cores)

চাকার বেড়ের (periphery of the wheel) মত ফাঁপা গোল ইয়োকের ভিতরের দিকে এক জোড়া, দুই জোড়া কিংবা তাহার চাইতেও বেশী জোড় সংখ্যার পোল-কোর ঐ ইয়োকের সঙ্গে কখন একত্রে ঢালাই করা থাকে, আবার কখন কখন বল্টু (bolt) দিয়া আঁটা থাকে। বড় বড় মেসিনে আর্মেচার-কোরের মত পোল-কোরও ইস্পাতের চাদর হইতে স্ট্যাম্পিং (stamping) কাটিয়া তৈরী করা হয়। প্রথমে স্ট্যাম্পিংগুলিতে ইনসুলেটিং বার্নিশ মাখাইয়া শুকানো হয়; ইহাকে "ল্যামিনেটেড্ স্টীল সীট" (laminated steel sheet) বা বার্নিশ মাখানো পাত-লোহা বলে। পরে একসঙ্গে সবগুলি স্ট্যাম্পিং সাজাইয়া 'হাইড্রলিক প্রেসারে" (hydraulic pressure) চাপ দিয়া দুইটি কিংবা চারিটি "রিভিট" (rivet)-এর সাহায্যে তাহাদের আঁটা হয়। তখন পোল-কোর একটি আস্ত চারকোনা জিনিসের আকার ধারণ করে। ইস্পাতের চাদরকে ল্যামিনেটেড্ করার উদ্দেশ্য এই যে, ইহাতে আবর্ত প্রবাহের (eddy current) দরুন পোল-কোরে বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় খুব কম হয়। পাত-লোহার পোল-কোর তৈরী

করিতে হইলে কোরের দুই পাশে দুইখানা মোটা লোহার পাটি (plate) দেওয়া প্রয়োজন, নচেৎ মজবুত হয় না। কোর তৈরা হওয়ার পরে উহার নীচের দিকে, অর্থাৎ যেদিকে ইয়োকের সঙ্গে কোর আবদ্ধ করা থাকে সেই দিকে, স্ক্রু (screw) আঁটিবার জন্য ছেঁদা করিয়া তাহাতে প্যাঁচ কাটিয়া দেওয়া হয়।

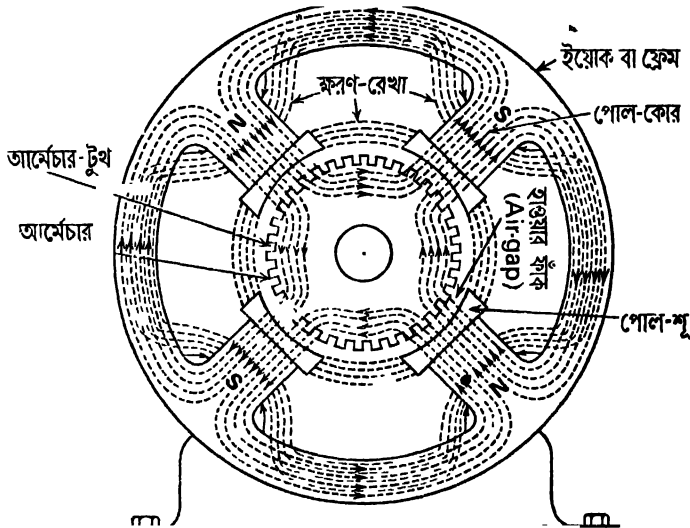
আবর্ত প্রবাহ বা এডি-কারেণ্টের জন্য বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় সাধারণতঃ পোলের মুখে অবস্থিত পোল-শূতেই অধিক হইয়া থাকে। সেইজন্য অনেক বড় বড় মেসিনে ঢালাই ইস্পাতের পোল কোরও ব্যবহৃত হইতে দেখা যায়, শুধু পোল-শূ ল্যামিনেটেড্ ইস্পাতের চাদরের সাহায্যে তৈরী করা হয়। এই পোল-শূ স্ক্রু দিয়া পোল-কোরের সঙ্গে আটা থাকে। মেসিন খুব ছোট হইলে ঢালাই লোহার পোল-কোরই যথেষ্ট বলিয়া বিবেচিত হয়। এই পোল-কোর অধিকাংশ ক্ষেত্রেই নলাকৃতি (cylindrical) থাকে। তাহাতে সুবিধা এই যে, প্রতি পাকে ফীল্ড-কয়েলে যতটা লম্বা তার লাগে, পোল-কোর চতুষ্কোণ বিশিষ্ট (rectangular) হইলে তাহা অপেক্ষা বেশী লম্বা তারের প্রয়োজন হয়। সুতরাং নলাকৃতি পোল-কোর ব্যবহার করিলে যথেষ্ট পরিমাণে তারের সাশ্রয় (economy) করা যায়।

লম্বালম্বিভাবে (axially) আর্মেচার-কোর যত লম্বা, পোল-কোরও তত লম্বা হয়। কোন এক পোলের মুখের (pole face) একদিকের প্রান্ত হইতে পাশের অন্য পোলের মুখের অনুরূপ প্রান্ত পর্যন্ত, অথবা এক পোলের মাঝখান হইতে পাশের অন্য পোলের মাঝখান পর্যন্ত দূরত্বের ইংরাজি নাম **পোল পিচ্** (pole pitch), আর মেসিনের এক পাশ হইতে দেখিলে আর্মেচারের সম্মুখ পোলের মুখের (বৃত্তখণ্ডের আকারে) লম্বাইয়ের নাম **পোল আর্ক** (pole arc)। সাধারণতঃ মেসিনের পোল-পিচ্ যতটা লম্বা হয়, তাহার শতকরা ৬৫ হইতে ৭৫ ভাগ পর্যন্ত পোল-আর্কের লম্বাই হয়, আর বাকী ২৫ হইতে ৩৫ ভাগ দুই পোলের মাঝে ফাঁক থাকে। যদি ইহা অপেক্ষা কাছাকাছি পোল বসানো

৭(ক) নং চিত্র

যায়, তবে চুম্বক রেখাপ্রবাহ এক পোল হইতে অন্য পোলে যাইবার সময় আর্মেচার দিয়া ঘুরিয়া না গিয়া ফাঁকের মধ্য দিয়া অধিক পরিমাণে চলিয়া যায়। তখন বেশীর ভাগ চুম্বক বলরেখা জেনারেটারে ভোল্টেজ উৎপাদন করিবার কাজে ব্যবহৃত হইতে পারে না, কেবল "লীকেজ ফ্লাক্স" (leakage flux) বা "ক্ষরণ-রেখা" রূপে তাহাদের অপচয় ঘটে। চুম্বক-রেখার অপচয় প্রত্যেক মেসিনেই কিছু-না-কিছু হয় বলিয়া সচরাচর আর্মেচার যত চুম্বক বলরেখা কর্তন করে তাহা অপেক্ষা প্রায়

শতকরা ২০ ভাগ বেশী রেখাপ্রবাহ উৎপন্ন করিবার মত উপযুক্ত শক্তিশালী করিয়া পোল-কোর তৈরী করিতে হয়। তাহা ছাড়া চেষ্টা করিতে হয় যাহাতে পোলের মুখের আকার যতটা লম্বা যেন ততটাই চওড়া (অর্থাৎ square pole face) থাকে। ৭(ক) নং চিত্রে পোল-পিচ্, পোল-আর্ক ও পাশাপাশি অবস্থিত দুই পোলের মাঝে কতটা ফাঁক থাকে তাহা দেখানো হইয়াছে।

পোল-কোর, আর্মেচার-কোর ও ইয়োকের মধ্য দিয়া চুম্বক বলরেখা কিরূপে অগ্রসর হয়, তাহা নিম্নে ৭ (খ) নং চিত্রে দেখানো হইল। যে-সকল মেশিনে অন্ততঃ চারিটি ফীল্ড-পোল থাকে, সেইরূপ একটি মেসিনকেই এই চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

চুম্বকের উত্তর মেরু (north pole) হইতে রেখাপ্রবাহ বাহির হইয়া পোল-শূ ও আর্মেচার-কোরের মধ্যবর্তী অংশে হাওয়ার ফাঁক (air gap) অতিক্রম করিয়া পোল-শূয়ের মুখের সামনে যত গুলি আর্মেচার-টুথ বা দাঁত (armature tooth) থাকে

৭(খ) নং চিত্র

তাহাদের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয়, এবং দাঁতের নীচের অংশে আর্মেচার-কোরে যায়। সেখানে সমগ্র রেখাপ্রবাহ দুই ভাগে বিভক্ত হয় ; একভাগ বাঁ দিকের দক্ষিণ মেরুর দিকে, আর অন্য ভাগ ডান দিকের দক্ষিণ মেরুর দিকে যায়, আর ঐ দক্ষিণ মেরুর মুখের সামনে অবস্থিত আর্মেচার-টুথগুলি দিয়া প্রবাহিত হয়। ঠিক একই সময়ে অপর উত্তর মেরু হইতে বহির্গত রেখাপ্রবাহের অর্ধেকও প্রতিটি দক্ষিণ মেরুর মুখের সামনে আর্মেচার-টুথের তলায় আসিয়া উপস্থিত হয়, আর পূর্বোক্ত চুম্বক-রেখার সহিত একত্র হইয়া দাঁত-গুলি দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে। এই সমবেত রেখাপ্রবাহ পুনরায় হাওয়ার ফাঁক

অতিক্রম করিয়া দক্ষিণ মেরুতে প্রবেশ করে, এবং সেখানে পোল-শূ ও পোল-কোরের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া ইয়োকে চলিয়া আসে। ইয়োকে আবার সমবেত রেখাপ্রবাহ দুই ভাগে বিভক্ত হয় এবং এক-একটি ভাগ ইয়োকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া নিজ নিজ উত্তর মেরুতে ফিরিয়া যায়।

(৩) ফীল্ড-কয়েল বা ম্যাগ্‌নেটাইজিং-কয়েল (Field Coil or Magnetizing Coil)

অন্তরিত বা ইন্‌সুলেটেড্ তারের সাহায্যে তৈরী যে কুণ্ডলি বা কয়েল পোল-কোরের গায়ে বসানো থাকে এবং যে কুণ্ডলির মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে পোল-কোর তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হয়, সেই কুণ্ডলিকেই ফীল্ড-কয়েল বা ম্যাগ্‌নেটাইজিং-কয়েল বলে। এই কুণ্ডলি জড়াইবার সময় কত নম্বরের কতটা তার প্রয়োজন, প্রথমে তাহা ওজন করিয়া লইয়া মাপ মত একটি "ফরমা" (form) উপর জড়াইয়া লওয়া হয়। পরে তাহার উপরে কাপড়ের সাদা ফিতা জড়াইয়া দিলেই ফীল্ড-কয়েল তৈরী হয়।

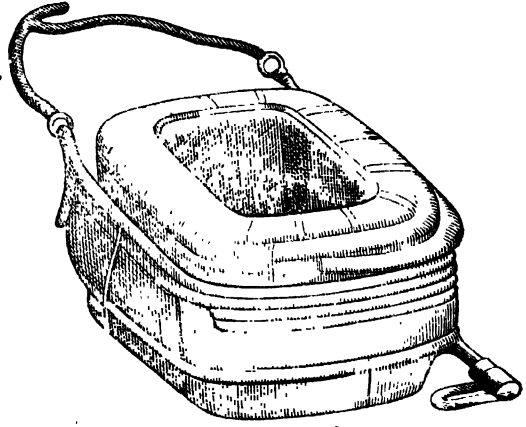
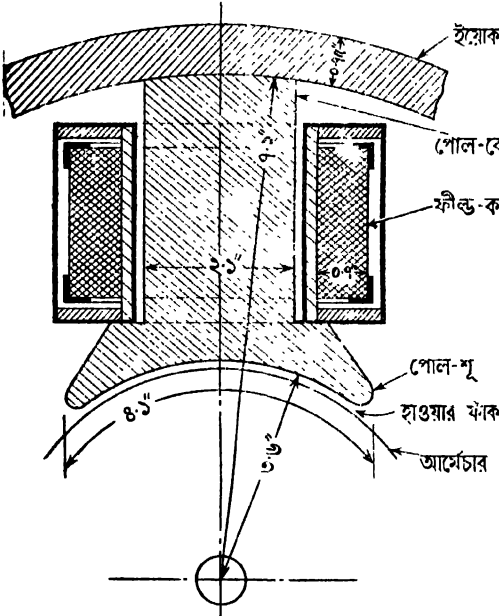
ফীল্ড-কয়েলের মাঝখানে একটি ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্র গোলও হয়, আবার চার-কোনাও হয়। বলা বাহুল্য, পোল কোরের আকৃতির উপরেই তাহা নির্ভর করে। কুণ্ডলি চারকোনা হইলে যতটা লম্বা ও চওড়া হইবে, কিংবা কুণ্ডলি গোল হইলে উহার ব্যাস (diameter) যতটা হইবে, এবং ঐ কুণ্ডলি যতটা পুরু হইবে, সেই সমস্ত মাপ লইয়া একটি "কাঠের ফরমা" (wooden form) তৈরী করিতে হয়। কাঠের স্ট্যাণ্ডের (stand) উপরে সেই ফরমা বসাইয়া তাহার উপরে দুই হারা সুতার ইন্‌সুলেশন-ওয়ালা তার জড়ানো হইয়া থাকে। ইহাকে "ডি. সি. সি." বা "ডবল কটন কভারিং" (double cotton covering) দেওয়া তার বলে। অনেক ছোট ছোট মেসিনে এক হারা সুতার ইন্‌সুলেশনওয়ালা তারও ব্যবহার করা হয়। ইহার নাম "এস. সি. সি." বা "সিঙ্গল কটন কভারিং" (single cotton covering) দেওয়া তার। নিয়ম মত যদিও গণনা করিয়া প্রত্যেক কুণ্ডলিতে তারের পাকের সংখ্যা ঠিক করা উচিত, বাস্তবে তাহা করা হয় না। কাজের সময় প্রত্যেক কুণ্ডলিতে কত তার আছে তাহা ওজন করিয়া লইয়া সেই পরিমাণ তার দিয়া কুণ্ডলি জড়ানো হইয়া থাকে। ফরমার মাপের সামান্য এদিক-ওদিক হওয়ার দরুন যদিও কুণ্ডলিতে পাকের সংখ্যা অল্প পরিমাণ কম বেশী হইতে পারে, কিন্তু কাজের দিক দিয়া তাহাতে বিশেষ কোন ক্ষতি হয় না।

কুণ্ডলি জড়ানো ও তাহাতে সাদা ফিতা লাগানো শেষ হওয়ার পরে ফীল্ড-কয়েলকে কোন গরম জায়গায় রাখিয়া খট্‌খটে করিয়া লইতে হয়। এইরূপ না করিলে তারের উপরে যে সুতার ইন্‌সুলেশন বা অন্তরণ থাকে, তাহা প্রায়ই স্যাঁৎসেঁতে হইয়া যায়, আর তাহাতে কুণ্ডলি শীঘ্র খারাপ হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। শুষ্ক করিবার পরেও সুতার অন্তরণে পালিশ কিংবা ইন্‌সুলেটিং রং ঢালিয়া দিয়া ভাল করে করিয়া ভিজাইয়া পরে আবার গরমে রাখিয়া শুকাইয়া লইতে হয়। এই পালিশে যে গালা বা রঙে যে মশলা থাকে, তাহা তারের অন্তরণের ভিতরে ভাল করিয়া প্রবেশ করে, ফলে অন্তরণের সুতা আর স্যাঁৎসেঁতে হইতে পারে না। তাহা ছাড়া

গালা বা রঙ শুকাইয়া গেলে কুণ্ডলির পাকে পাকে আটকাইয়া ধরে ; তখন সবগুলি পাক একত্রে আস্ত জিনিসের মত শক্ত হইয়া যায়, কোন পাক সহজে খুলিয়া আসে না।

ফীল্ড-কয়েল

৮ (ক) নং চিত্র

কুণ্ডলির ভিতর দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, যদিও তাহার অভিমুখের (direction) উপরে চুম্বকের মেরুত্ব নির্ভর করে, কিন্তু ফীল্ড-কয়েল তৈরী করিবার সময় একটি কুণ্ডলি অন্যটির উল্টাদিকে জড়াইবার প্রয়োজন হয় না। জড়াইবার সময় সব কুণ্ডলিকেই একদিকে জড়ানো হইয়া থাকে, উল্টা করা হয় কেবল সংযোগের সময়। কুণ্ডলিগুলি নিজের নিজের জায়গায় বসাইবার পরে উহাদের সংযোগ এমনভাবে করা হয়, যাহাতে একটি কুণ্ডলিতে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ যেদিকে থাকে, উহার পাশে অন্য কুণ্ডলিতে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ যেন তাহার ঠিক বিপরীত হয়। এই উদ্দেশ্যে ফীল্ড-কয়েলে কারেণ্ট দিয়া প্রতিটি পোল-কোরকে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হয় ঠিক একটি কোর উত্তর মেরু এবং উহার পাশের অন্যটি দক্ষিণ মেরু হইল কি না। যদি না হয়, তবে যে পোলটি ঠিক হয় নাই তাহার কুণ্ডলির সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে।

ইয়োক

পোল-কোর

ফীল্ড-কয়েল

পোল-শূ

হাওয়ার ফাঁক

আর্মেচার

৮(খ) নং চিত্র

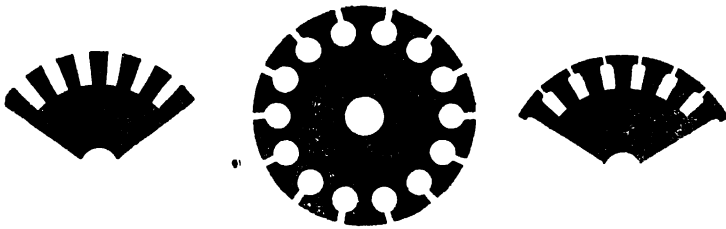
৮(ক) নং চিত্রে একটি সম্পূর্ণ ফীল্ড-কয়েল এবং ৮(খ)নং চিত্রে একটি পোল-কোর ও উহার চারিদিকে বসানো একটি ফীল্ড-কয়েল দেখানো হইয়াছে।

১-৪ । ডি. সি. জেনারেটারে আর্মেচারের গঠন (Construction of Armature in a D. C. Generator)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, জেনারেটারের যে অংশ ঘোরে তাহার নাম আর্মেচার। এই ঘুরন্ত অংশ আর্মেচার-কোর, কোরের খাঁজের মধ্যে বসানো আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিং ও কম্যুটেটার লইয়া গঠিত। কিভাবে প্রতিটি অংশের গঠনকার্য সমাধা করা হয়, তাহা নিম্নে সংক্ষেপে বলা হইল।

(১) আর্মেচার-কোর (Armature Core)

আর্মেচার-শাফ্‌টের উপর দাঁত কাটা লোহার চাক্‌তি বা ডিস্ক্ বসাইয়া যে একটি বেলনের মত কাঠামো তৈরী করা হয়, তাহার নাম আর্মেচার-কোর। এই চাক্‌তিগুলি সাধারণতঃ নরম ইস্পাত বা অন্য কোন প্রকার মিশ্র ইস্পাতের চাদর হইতে মেসিনের সাহায্যে কাটিয়া বাহির করা হয়। ইহাতে সব চাক্‌তিগুলিই ঠিক এক মাপের হয়, আর শাফ্‌টের জন্য মাঝের ছিদ্র ঠিক গোল আর চাক্‌তির ঠিক কেন্দ্রস্থলে থাকে। সব চাক্‌তিগুলিতেই "চাবির ঘাট" (key-way) ঠিক এক জায়গায় থাকে, কাজ খুব নিখুঁত হয়, আর সর্বোপরি এক-একদিনে তৈরীও হয় বহু হাজার চাক্‌তি। প্রতিটি চাক্‌তিতে দাঁত (tooth) আর খাঁজ (slot) কাটাও মেসিনের সাহায্যেই হইয়া থাকে। খাঁজ নানা প্রকারের হয়। নীচে ৯ নং চিত্রে তিন প্রকারের খাঁজ বা 'স্লট' দেখানো হইয়াছে।

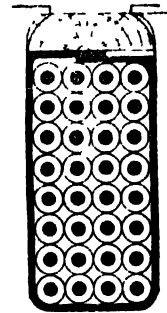
৯নং চিত্র

চিত্রের বাঁ দিকে যে রকম খাঁজ দেখানো হইয়াছে, তাহাকে "ওপন্ স্লট" (open slot) বলে। এই প্রকার খাঁজে আর্মেচার-কয়েল অতি সহজে ঢুকানো যায়। দাঁতগুলি সোজা সোজা বলিয়া কয়েল জড়াইবার সময় তারের উপরের অন্তরণ বা ইন্‌সুলেশন (insulation) কাটিয়া বা সরিয়া যাইবার সম্ভাবনা অল্পই থাকে। অন্য দুইটি চিত্রে যে রকমের দাঁত আর খাঁজ দেখানো হইয়াছে, তাহাতে এই সুবিধা কম। ইহাদের "সেমি ক্লোজড্ স্লট" (semi-closed slot) বলে। কিন্তু আবার প্রথম প্রকার খাঁজের দোষ এই যে, যখন আর্মেচার ঘুরিতে থাকে, তখন কয়েলগুলি ফাঁপিয়া ওঠে এবং খাঁজ হইতে বাহির হইয়া আসিবার মত হয়। দ্বিতীয় প্রকার খাঁজের মুখ অর্ধেক বন্ধ থাকে বলিয়া কয়েলের তার অতটা বাহির হইয়া আসিতে পারে না। আর্মেচার ঘুরিবার সময় প্রথম প্রকারের খাঁজ হইতে যাহাতে তার বাহির হইয়া

না আসে, সেইজন্য কয়েল জড়ানো শেষ হওয়ার পরে লোহার তার দিয়া আর্মেচারের উপরটা বাঁধিয়া দেওয়া হয়। দ্বিতীয় প্রকার খাঁজে যদিও তার বাহির হইয়া আসিবার সম্ভাবনা কম, তবুও সম্পূর্ণরূপে নিশ্চিত হওয়ার জন্য কয়েল জড়ানো হইয়া গেলে আর্মেচার-কোরের সমান লম্বা একটি ফাইবারের (fibre) ফালি কয়েলের উপরিভাগে খাঁজের মধ্যে আট করিয়া পুরিয়া দেওয়া হয়। এই ফাইবারের ফালিকে ইংরাজিতে "ওয়েজ" (wedge) বলে। এইরূপ ব্যবস্থাতে আর্মেচার ঘুরিবার সময় কয়েলের তার কিছুতেই বাহির হইয়া আসিতে পারে না। কিন্তু ইহাতে আবার অন্য দোষ আসিয়া জোটে। যখন মেসিন চলিতে থাকে, তখন এই জাতীয় আর্মেচার একটু বেশী গরম হয়, কারণ ফাইবারের মধ্য দিয়া তাপ সহজে বাহির হইতে পারে না।

খাঁজের আকার যেমনই হউক না কেন, উহার আয়তন এমন হওয়া চাই যাহাতে কয়েলে যত পাক তার থাকে, তাহা যেন খাঁজের ভিতরে অনায়াসে ধরে। তাহা ছাড়া কয়েল জড়াইবার আগে খাঁজের ভিতরে "ইন্সুলেশন-ক্লথ" (insulation cloth) পাতিয়া দিতে হয় যাহাতে তারের সঙ্গে কোরের লোহা কোন জায়গায় ঠেকিতে না পারে, আর কয়েল জড়ানো শেষ হইবার পরে সব কয়টি পাক এই ক্লথ দিয়া মুড়িয়া দিতে হয়। সুতরাং এই ক্লথ আর সর্বোপরি ফাইবারের ফালি, ইহাদেরও কতকটা জায়গা প্রয়োজন। তাই এই সমস্ত হিসাব করিয়া তবে খাঁজের আয়তন ঠিক করিতে হয়।

খাঁজের ভিতরে কয়েলের তার কিভাবে থাকে, তাহা নিম্নে ১০নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

একটি স্লটের পরিবর্ধিত আকার
১০নং চিত্র

আর্মেচার-টুথের মাপও অনেকগুলি কারণের উপর নির্ভর করে। টুথ বা দাঁত বেশী চওড়া করিলে খাঁজের আকার কমিয়া যায়, আবার বেশী সরু করিলে দাঁতের জোর কম হইয়া পড়ে। তাহা ছাড়া দাঁত যতটা চওড়া হওয়া দরকার তাহা অপেক্ষা কম হইলে মেসিন চলিবার সময় গরম হইয়া ওঠে, কেন-না প্রত্যেক দাঁত দিয়া তখন যতগুলি চুম্বক বলরেখা প্রবাহিত হয় দাঁতের মধ্যে তাহাদের ঘনত্ব (flux density) এত বেশী হইয়া যায় যে, সংপৃক্তি-বিন্দুর (saturation point) কাছ বরাবর চলিয়া আসে, কিংবা সেই বিন্দুকে ছাড়াইয়া যায়। ইহাতেই দাঁত গরম হয়। সাধারণতঃ এক কিলোওয়াট অপেক্ষা কম ক্ষমতাসম্পন্ন মেসিনের ক্ষেত্রে একটি খাঁজের আরম্ভ হইতে পরের খাঁজের আরম্ভ পর্যন্ত দূরত্ব (slot pitch) আধ ইঞ্চির মত থাকে, কিন্তু বড় মেসিনের আর্মেচারে প্রতি ইঞ্চি পরিধিতে মোটামুটি ১·১ হইতে ১·৫টি খাঁজ রাখা হয়। এ-বিষয়ে খুব একটা ধরাবাঁধা নিয়ম নাই। যিনি মেসিন তৈরীর পরিকল্পনা করেন, তাঁহার বিবেচনার উপরেই প্রধানতঃ ইহা নির্ভর করে। তবে বিভিন্ন

মেসিনের গঠনপ্রণালী পর্যালোচনা করিলে দেখা যায় যে, একটি দাঁত ও একটি খাঁজের চওড়াইয়ের অনুপাত (ratio) বড় বড় মেসিনের ক্ষেত্রে সাধারণতঃ ১:১, আর ছোট ছোট মেসিনের ক্ষেত্রে প্রায় সমান সমান থাকে।

আর্মেচারের ডিস্ক্ বা চাকতি কাটা হইলে প্রথমে তাহার গায়ে বার্নিশ বা অন্য কোন ইন্সুলেটিং রঙ দিয়া পরে শাফ্টের উপর বসানো হয়। এই সময় লক্ষ্য রাখিতে হয় চাকতি বা ডিস্ক্গুলি যেন ঠিক একই খোঁথে বসে। লোহার চাদরের একদিক একটু চকচকে, আর অন্যদিক তাহা অপেক্ষা কিছু ম্যাড়মেড়ে (dull) থাকে। যদি চকচকে দিকটা উপরে রাখিয়া একখানা চাকতি শাফ্টের উপর বসানো হয়, তবে দেখিতে হইবে সব চাকতিগুলির চকচকে দিকটাই যেন উপরে থাকে। এইরূপ করিলে সবকয়টি চাকতি-ই ঠিক খাঁজে খাঁজে বসে, আর একখানি অন্যখানির গায়ে মিশিয়া যায়। বড় মাথাইবার পরেও যাহাতে এইভাবে বসানো যাইতে পারে, সেইজন্য চাকতি কাটিবার সময় উহার একদিকে একটি করিয়া পাঞ্চ (punch) দিয়া বা অন্য কোন রকম দাগ দেওয়া থাকে। ইহাতে চাকতি বসাইবার পক্ষে অনেক সুবিধা হয়। অনেক সময় ডিস্ক্ কাটিবার আগে চাদরের এক পিঠে কাগজ মারিয়া তাহার পরে ডিস্ক্ কাটা হয়। ইহাতে আর্মেচার-কোর তৈরী করিবার সময় লোহার চাকতিগুলি পরস্পরের গায়ে লাগিতে পারে না, মধ্যে একখানি কাগজের চাকতি থাকিয়া যায়। এইভাবে কাগজ না দিলে, অথবা রং কিংবা বার্নিশ না মাখাইলে, অথবা ল্যামিনেটেড্ ডিস্ক্ না দিয়া একটাই ইস্পাতের একটি গোটা আর্মেচার-কোর তৈরী করিলে মেসিন চালাইবার সময় এডি-কারেন্ট বা আবর্ত-প্রবাহের জন্য বেশী গরম হইয়া উঠিবে, আর তাহাতে আর্মেচারে বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় বৃদ্ধি পাইবে।

আর্মেচার-কোরের দুই পাশে ডিস্কের আকারের দুইখানি মোটা পাত দেওয়া থাকে। ইহাদের ইংরাজিতে "এণ্ড-ফ্ল্যাঞ্জ" (end-flange) বলে। বড় বড় মেসিনের আর্মেচারে সাধারণতঃ লোহার এণ্ড-ফ্ল্যাঞ্জ দেওয়া থাকে।

কোর ল্যামিনেটেড ডিস্কের সাহায্যে তৈরী করিলেও মেসিন চালাইবার সময় উহাতে কিছু-না-কিছু আবর্ত-প্রবাহের সৃষ্টি হয়ই, তাহা ছাড়া কয়েল দিয়াও তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। প্রধানতঃ এই দুই কারণেই আর্মেচার গরম হইয়া উঠে। এখন, আর্মেচার হইতে এই তাপ যাহাতে সহজে বাহির হইয়া যাইতে পারে, সেইরূপ বন্দোবস্ত থাকা প্রয়োজন, নতুবা অধিক উত্তাপ বশতঃ কয়েলের গায়ে জড়ানো ইনসুলেশন খারাপ হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা খুব বেশী, এমন কি কয়েলগুলি পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। সেইজন্যই চাকতিগুলি তৈরী করিবার সময় উহাদের কেন্দ্রস্থলে শাফ্টের মাপ অনুযায়ী একটি ছিদ্র ছাড়াও আরও কতকগুলি ছোট ছোট ছিদ্র নানা স্থানে করিয়া দেওয়া হয়, আর আর্মেচার-কোরের মাঝে মাঝেও ফাঁক রাখা থাকে। চাকতিগুলি শাফ্টের উপর এক-একবারে আন্দাজ ৫ সেণ্টিমিটার হইতে ৮ সেণ্টিমিটার পর্যন্ত পরানো হইলে পর প্রায় ১·২৫ সেণ্টিমিটার হইতে ১·৭৫ সেণ্টিমিটার চওড়া একটু

ঐ প্রান্তগুলি কম্যুটেটারের সহিত ঝালাই (solder) করিয়া দেওয়া হয়। ইহার পর আর্মেচারকে কোন গরম জায়গায় ১২ ঘণ্টা হইতে ৩৬ ঘণ্টা পর্যন্ত রাখিয়া বেশ শুকনা খট্‌খটে করা হয়, এবং ভালভাবে শুকাইয়া যাওয়ার পরে উহার উপরে গালার পালিশ বা ইনসুলেটিং রঙ এমনভাবে ঢালিয়া দেওয়া হয় যাহাতে সবগুলি কয়েল বেশ ভিজিয়া যায়, তখন আবার আর্মেচারকে গরমে শুকাইয়া লওয়া হয়। সাধারণতঃ আর্মেচারে কয়েল বা কুণ্ডলি জড়ানো শেষ হইলে উহাকে একটি ট্যাঙ্কের মধ্যে বন্ধ করিয়া সেই ট্যাঙ্ক হইতে হাওয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়, আর সঙ্গে সঙ্গে ট্যাঙ্কটি গরম করা হয়। পরে গরম অবস্থাতেই সেই ট্যাঙ্কের ভিতরে ইন্‌সুলেটিং রঙ বা বার্নিশ ঢালিয়া দিয়া আর্মেচার-কয়েলগুলি সিক্ত করা হইয়া থাকে।

সবশেষে আর্মেচার-কোরের উপরিভাগ লেদ মেসিনে 'টার্ণ' করিয়া লইলেই আর্মেচার তৈয়ারী সম্পূর্ণ হয়।

পোল আর আর্মেচারের মধ্যবর্তী ফাঁক (Air-gap)

যেখানে আর্মেচারের ব্যাস দুই ইঞ্চি বা তাহারও কম হয়, সেখানে পোল-শু আর আর্মেচার-কোরের মধ্যবর্তী হাওয়ার ফাঁক সাধারণতঃ ০.০২৫ ইঞ্চি থাকে। আর যদি ব্যাস দুই ইঞ্চি হইতে চারি ইঞ্চি পর্যন্ত হয়, তখন ফাঁকের লম্বাই (radial length of air-gap) ০.০৩১২৫ ইঞ্চি রাখাই নিয়ম। মেসিন যত বড় হয়, ফাঁকও তত বেশী থাকে। কাহারও কাহারও মতে বড় মেসিনের ফাঁকের লম্বাই আর্মেচারের দাঁত উপরিভাগে যতটা চওড়া থাকে তাহার অর্ধেকের কম হওয়া উচিত নহে (not to be less than half the maximum tooth width)। মোট কথা, ফাঁকের পরিমাণ মেসিনের আকারের উপযুক্ত হওয়া খুবই দরকার, নচেৎ মেসিন চলিবার সময় নানারকম অসুবিধা দেখা দেয়।

ফাঁক যত বেশী হয়, ফীল্ড-কয়েলে তত বেশী 'অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ' (ampere-turn) লাগে। কয়েল বা কুণ্ডলির পাকের সংখ্যাকে উহার ভিতর দিয়া যত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহার দ্বারা গুণ করিলে যে গুণফল পাওয়া যায়, তাহাকে ফীল্ড-কয়েলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ বলে। হাওয়ার চুম্বক-ভেদ্যতা (permeability) খুব কম বলিয়া ফাঁক বেশী হইলে কয়েল-পিছু চুম্বকী-করণ বল (magnetomotive force, অর্থাৎ অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ) অতিরিক্ত হইয়া পড়ে। ইহাতে হয় কয়েলের পাকের সংখ্যা অতিমাত্রায় বাড়িয়া যায় (ফলে মেসিনের দামও বাড়ে), আর না হয় কয়েলের ওজন কম রাখিতে গিয়া উহার ভিতর দিয়া বেশী কারেণ্ট পাঠাইতে হয়, তখন আবার কয়েল বেশী গরম হইয়া ওঠে।

অন্যদিকে আবার, যদি ফাঁকের পরিমাণ অত্যধিক কম থাকে, তবে আর্মেচার দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় আর্মেচার-কোর এক জোরালো চুম্বকে পরিণত হইয়া ফাঁকের রেখাপ্রবাহকে টানিয়া একদিকে বাঁকাইয়া দেয়, আর কতক পরিমাণে চুম্বকত্ব হরণ করে (distortion and demagnetisation due to armature reaction); তখন কম্যুটেটারে আগুন দেয়, আর ফীল্ডের চুম্বকত্বের অপচয় ঘটে।

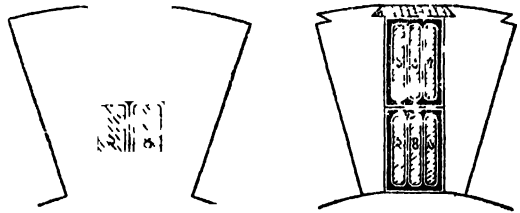
ফাঁক অধিক কম হওয়ার অন্যান্য অবশ্যম্ভাবী কুফল এই যে, ইহাতে পোল আর আর্মেচারের মধ্যে চুম্বকীয় আকর্ষণের (magnetic attraction) সমতা থাকে না; ফলে শাফ্‌ট্‌ বাঁকিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে, আর বেয়ারিং একপাশে সরিয়া গিয়া শাফ্‌টের সঙ্গে ঘষা লাগে।

(২) আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং (Armature Winding)

ডি. সি. মেসিনের আর্মেচারে যে তামার তার ব্যবহার করা হয়, সেই তামাকে হাই-কণ্ডাক্‌টিভিটি (high-conductivity) বা খুব বেশী পরিবহণ-শক্তি বিশিষ্ট তামা বলে, অর্থাৎ সেই তামা বিশুদ্ধতায় সর্বশ্রেষ্ঠ। এই তামার পরিবাহিতা (conductivity) রূপার পরিবাহিতার তুলনায় শতকরা ৯৮ ভাগ; তাহা ছাড়া ইহা কোমলায়িত (নরম বা annealed) হওয়াও প্রয়োজন। ছোট ছোট আর্মেচারে গোল তার, আর বড় বড় আর্মেচারে আয়ত (rectangular) পরিবাহী ব্যবহার করা হয়। মোটামুটি-ভাবে বলিতে গেলে, আন্দাজ ০·১৫ বর্গ সেন্টিমিটার পর্যন্ত আয়তনের পরিবাহীতে গোল তার ব্যবহার করা হয়, আর তাহা অপেক্ষা মোটা কণ্ডাক্‌টারে ব্যবহার করা হয় আয়ত পরিবাহী। খুব বড় মেসিনে একাধিক পরিবাহী প্যারালেলে ব্যবহার করা হইয়া থাকে। সেক্ষেত্রে লক্ষ্য রাখিতে হয় যে, যতগুলি পাটি প্যারালেলে আছে, তাহাদের সমবেত আয়তন যেন নিরূপিত পরিবাহীর আয়তনের সমান হয়। গোল তারের অসুবিধা এই যে উহা যত মোটা হয়, খাঁজের মধ্যে তত বেশী জায়গা নষ্ট হয়; আর ঐ তারকে ভাল করিয়া বাঁকাইতে পারা যায় না। ১০নং চিত্রের সহিত নিম্নে প্রদর্শিত ১১নং চিত্রের তুলনা করিলে পূর্বোক্ত চিত্রে দেখানো খাঁজে যে বেশী জায়গা নষ্ট হয়, তাহা স্পষ্ট বুঝা যাইবে।

আর্মেচারে ব্যবহৃত পরিবাহীর আয়তন নির্ভর করে ঐ পরিবাহী দিয়া কত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইবে, তাহার উপর। তাহা আবার কতক পরিমাণে নির্ভর করে মেসিন কত জোরে ঘুরিবে, তাহার উপর। কারণ মেসিন বেশী জোরে চলিলে পরিবাহীতে উৎপন্ন তাপ শীঘ্র বাহির হইয়া যাইতে পারে। সেইজন্য মেসিন আস্তে চলিবার সময় যে-পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইতে গেলে কোন আর্মেচার-কয়েল অতিরিক্ত গরম হইয়া ওঠে, মেসিন জোরে চলিবার সময় সেই পরিমাণ তড়িৎ,

খাঁজের ভিতরে পরিবাহী বসাইবার নিয়ম
১১নং চিত্র

কিংবা তাহা অপেক্ষাও কিছু বেশী তড়িৎ, আর্মেচারকে কম গরম করিয়া সেই কয়েল দিয়াই প্রবাহিত হইতে পারে। বৈদ্যুতিক মেসিনে আর্মেচারের কিংবা ফীল্ড-কয়েলের

তার দিয়া মেসিনের গতিবেগ অনুসারে প্রতি বর্গ ইঞ্চি ক্ষেত্রফলে ২৫০০ হইতে ৩০০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ পাঠানো যাইতে পারে। তড়িৎ-প্রবাহের এই পরিমাণকে "কারেন্ট-ডেন্সিটি" (current density) বা "তড়িৎ-প্রবাহের ঘনত্ব" বলে। মেসিন পুরা লোড চলিবার সময় আর্মেচারের তার দিয়া যত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইবে তাহা বাহির করিয়া, যদি সেই অ্যাম্পিয়ারকে কারেন্ট-ডেন্সিটি দিয়া ভাগ করা যায়, তবে তারের ক্ষেত্রফল পাওয়া যায়। এই ক্ষেত্রফল নির্ধারণ করিবার পরে বাজারে যে-সকল প্রচলিত মানের (standard size) পরিবাহী আছে, তাহাদের তালিকা হইতে উপযুক্ত মানের একটি পরিবাহী আর্মেচার ওয়াইণ্ডিংয়ের জন্য নির্বাচন করা হইয়া থাকে।

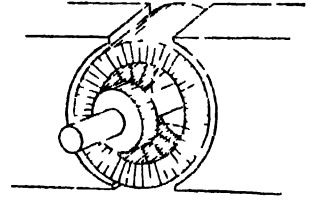
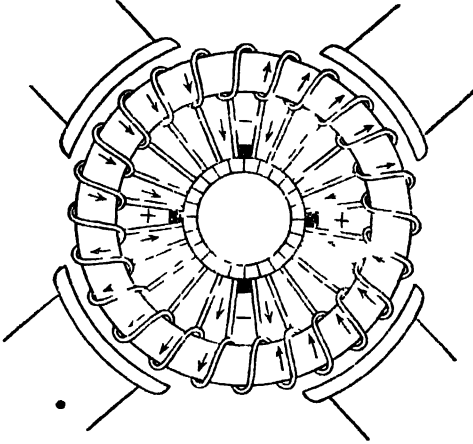
আর্মেচার প্রধানতঃ দুই প্রকারের হয়—গ্র্যাম রিং আর্মেচার ও ড্রাম আর্মেচার। গ্র্যাম রিং আর্মেচারে একটি লোহার বালা বা "রিং"-এর উপরে কয়েল জড়ানো থাকে। এই আর্মেচার হইতেই ড্রাম আর্মেচারের উদ্ভব, কিন্তু বর্তমানে প্রায় সমস্ত মেসিনেই ড্রাম আর্মেচার ব্যবহৃত হয়।

(ক) গ্র্যাম রিং আর্মেচার (Gramme ring Armature)

ডি সি মেসিনের প্রথম যুগে এই মডেলের গ্র্যাম-রিং আর্মেচারের ব্যবহারই প্রচলিত ছিল। কিন্তু ইহাতে নানা অসুবিধা দেখা দেওয়ায়, এবং যে অপেক্ষাকৃত উন্নত মানের ড্রাম আর্মেচার আবিষ্কৃত হওয়ায়, এই আর্মেচারের ব্যবহার ক্রমশঃ উঠিয়া যায়। গ্র্যাম রিং আর্মেচারের গঠনপ্রণালী ও বৈদ্যুতিক সংযোগ, উভয়ই খুব সহজ ধরনের। আর্মেচারের কোর পাতলা লোহার চাদরে তৈরী এবং দেখিতে ঠিক একখানি লোহার চাকার মত। এই চাকা স্পাইডারের উপর বসানো থাকে, আর স্পাইডার (spider) দৃঢ়ভাবে আটা থাকে আর্মেচার শ্যাফটের উপর। এনামেলড করা তার দিয়া কুণ্ডলীর আকারে আর্মেচার কোরের সর্বাঙ্গে জড়ানো হয়, এবং এক খাঁজ হইতে অন্য খাঁজে কয়েল জড়াইতে আরম্ভ করিবার সময় কম্যুটেটরের সহিত সংযোগ করিবার জন্য একটি করিয়া লুপ রাখা থাকে। আর্মেচারে যতগুলি খাঁজ ততগুলি কম্যুটেটর-সেগমেন্ট থাকিলে লুপগুলি সোজাসুজি কম্যুটেটর-সেগমেন্টের সহিত ঝালাই করিতে হয়। কিন্তু যতগুলি খাঁজ তাহার দ্বিগুণ সংখ্যক কম্যুটেটর-সেগমেন্ট থাকে, তবে প্রত্যেক খাঁজে দুইটি করিয়া কয়েল দেওয়া নিয়ম। তখন প্রথম কয়েলের লুপগুলি এক, তিন, পাঁচ—এই রকম একটি অন্তর একটি সেগমেন্টের সহিত যোগ করিয়া দ্বিতীয় কয়েলের লুপগুলি দুই, চার, ছয়—এই রকম সেগমেন্টের সহিত যুক্ত করিতে হয়। ১২নং চিত্রে একটি গ্র্যাম-রিং ওয়াইণ্ডিং ও দুই পোলের মধ্যবর্তী অংশে আর্মেচারের অবস্থান দেখানো হইয়াছে।

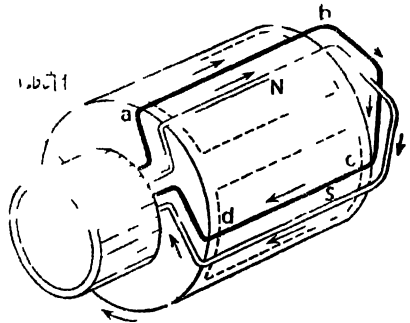
গ্র্যাম রিং ওয়াইণ্ডিংয়ের একটি বিশেষ সুবিধা এই যে, একই ওয়াইণ্ডিং যে-কোন জোড সংখ্যক পোলের জন্য ব্যবহার করা চলিতে পারে, কিন্তু ইহার অসুবিধা একাধিক। প্রথমতঃ, কয়েলের যে-অংশ রিংয়ের ভিতরের দিকে থাকে, তাহা চুম্বক

বলরেখা কর্তন করিতে পারে না বলিয়া উহাতে কোন তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় না। ইহাতে কয়েলের বৃহত্তর অংশ অকেজো হইয়া পড়ে, আর প্রয়োজনীয় তড়িৎ চাপ উৎপন্ন করিবার জন্য তখন পাকের সংখ্যা বৃদ্ধি করিতে হয়। দ্বিতীয়তঃ, ছোট ছোট মেসিনে

নং চিত্র গ্রাম রিং ওয়াইণ্ডিং

অধিক সংখ্যক পাকের অকেজো অংশ আর্মেচার-কোরের ভিতর দিয়া ঘুরাইয়া আনিবার মত পর্যাপ্ত জায়গা পাওয়া যায় না। তৃতীয়তঃ, এই প্রকার আর্মেচারে যে ধরনের কয়েল ব্যবহার করা হয় তাহা মেসিনের সাহায্যে তৈরী করা সম্ভব নহে, সেজন্য ওয়াইণ্ডিং করিতে খরচ অপেক্ষাকৃত বেশী পড়ে।

এই সকল কারণে আজকাল গ্র্যাম রিং ওয়াইণ্ডিং-এর ব্যবহার বাতিল হইয়া গিয়াছে।

(খ) ড্রাম আর্মেচার (Drum Armature)

গ্র্যাম-রিং আর্মেচারের ক্ষেত্রে যে সকল অসুবিধার কথা উপরে উল্লেখ করা হইয়াছে, তাহাদের দূর করিবার প্রচেষ্টা হইতেই পরে উন্নত মানের ড্রাম আর্মেচারের উদ্ভব হয়। এই প্রকার আর্মেচার দেখিতে একটি ড্রামের মত। উহার উপরিভাগে খাঁজের মধ্যে ওয়াইণ্ডিং-এর পরিবাহীসমূহ বসানো থাকে, আর এই সকল পরিবাহী পরস্পরের সহিত আর্মেচারের পিছন দিকে ও সামনের দিকে সংযোগ করা থাকে (কোন আর্মেচারের যেদিকে কম্যুটেটার লাগানো থাকে, সেই দিক উহার

১৩নং চিত্র: চার-পোলের একটি ড্রাম আর্মেচারে দুইটি কয়েলের অবস্থান দেখানো হইয়াছে

সম্মুখভাগ আর তাহার বিপরীত দিক উহার পশ্চাদ্‌ভাগ)। ১৩নং চিত্রে এই দুই সংযোগ

যথাক্রমে bc ও ad-দ্বারা দেখানো হইয়াছে। সংযোগের এই অংশটুকু বাদ দিলে কয়েলের বাকী সমস্ত অংশই চুম্বক বলরেখা কর্তন করে এবং তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিতে সহায়ক হয়। সুতরাং ড্রাম ওয়াইণ্ডিংয়ে কয়েলের বৃহত্তর অংশই বিদ্যুৎ উৎপাদনের কাজে সক্রিয় থাকে। কিন্তু অন্যদিকে আবার লোহার খাঁজের গভীরে পরিবাহী বসানো থাকে বলিয়া উহার নিজস্ব 'ইন্ডাকট্যান্স' (self-inductance) অপেক্ষাকৃত বেশী হয়, আর মেসিন চলিবার সময় সেই ইন্ডাকট্যান্স কম্যুটেশনের (commutation) কাজে ব্যাঘাত সৃষ্টি করে।

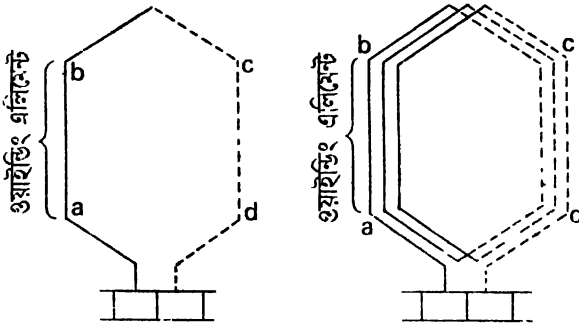
ডি. সি. মেসিনে দুই প্রকার ড্রাম ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্যবহার প্রচলিত আছে—ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং আর ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং।

(১) ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং (Lap Winding)

উপযুক্ত মাপের ফরমাতে (form) তার জড়াইয়া প্রথমে কয়েল তৈরী করা হয়, পরে সেই কয়েলগুলি বা কয়েলের সাহায্যেই ডি. সি. আর্মেচারে ওয়াইণ্ডিং করা হইয়া থাকে। কয়েলগুলি হাতে জড়াইতে সময় লাগে, সুতরাং তাহাতে খরচও বেশী পড়ে। সেইজন্য আজকাল এই কাজে নানাপ্রকার মেসিন যথেষ্ট পরিমাণে ব্যবহার করা হয়। মেসিনে জড়ানো হইয়া গেলে কয়েলের সবগুলি পাক একত্রে ইনসুলেটিং ফিতা দিয়া মুড়িয়া দিতে হয়, শুধু দুই প্রান্ত খোলা রাখা থাকে যাহাতে এই দুই প্রান্ত পরে কম্যুটেটর-সেগমেন্টের সহিত ঝালাই করা যাইতে পারে। ওয়াইণ্ডিংয়ের পক্ষে প্রয়োজনীয় আকৃতি বিশিষ্ট না হইলে কোন কয়েলই ঠিকভাবে আর্মেচারের খাঁজে বসানো যায় না। তাই কয়েল জড়াইবার জন্য যেমন একটি মেসিনের প্রয়োজন, উহাকে ভাঁজ দিয়া উপযুক্ত আকৃতি-বিশিষ্ট করিতেও সেইরূপ আর একটি মেসিনের দরকার। তৈরী সম্পূর্ণ হওয়ার পরে একটি কয়েল দেখিতে যেরূপ হয়, তাহা ১৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

১৪নং চিত্র

কোন কয়েলের একদিকে (side) তারের যতগুলি পাক থাকে তাহারা একত্রে 'একটি পরিবাহী' (one conductor) বা 'একটি কয়েল সাইড' (one coil side) বা 'একটি ওয়াইণ্ডিং এলিমেন্ট' (one winding element) গঠন করে। অতএব একই কয়েলের দুই দিক দুইটি পরিবাহী হিসাবে কাজ করে, আর সেই কারণেই একটি আর্মেচারে যতগুলি পরিবাহী থাকা প্রয়োজন, তাহার অর্ধেক সংখ্যক কয়েল

তৈরী করিতে হয়। ১৫নং চিত্রে দেখ একই কয়েলের একদিকের তিনটি পাক একত্র হইয়া একটি পরিবাহী (*ab*) ও অন্যদিকের তিনটি পাক একত্র হইয়া আর একটি পরিবাহী (*cd*) গঠন করিয়াছে।

১৫নং চিত্র

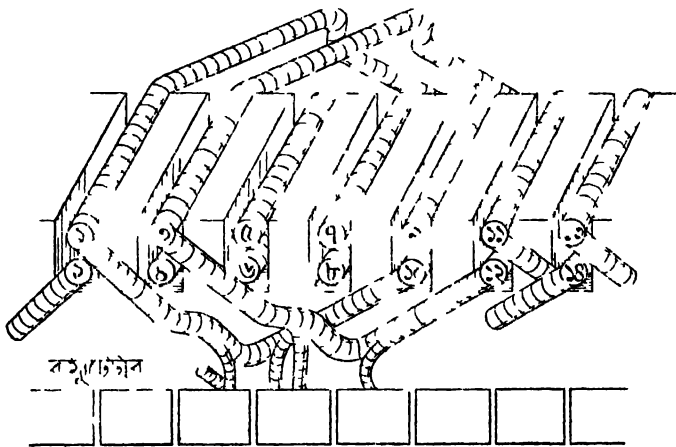
কুণ্ডলি বা কয়েল তৈরী করার সময় মনে রাখা প্রয়োজন যে, একই কয়েলের দুই পরিবাহীর মধ্যে দূরত্ব যেন এক পোল-পিচের সমান বা তাহার কাছাকাছি হয়। ইহাতে কয়েলের একটি পরিবাহী যদি উত্তর মেরুর নীচে অবস্থান করে, তবে অন্য পরিবাহী অবশ্যই পার্শ্ববর্তী দক্ষিণ মেরুর নীচে অবস্থান করিবে ; আর যেহেতু উভয় পরিবাহী একই দিকে ঘোরে, একই সময়ে বিপরীত মেরুর অধীনে অবস্থান করার ফলে তাহাদের মধ্যে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ ও সেই সঙ্গে তড়িৎ-প্রবাহ বিপরীতমুখী হইবে। পরিবাহীতে তড়িৎ-প্রবাহ বিপরীতমুখী হইলে তবেই কম্যুটেটারে উভয় প্রবাহের যোগফলের সমান কারেণ্ট পাওয়া যায়। কিন্তু যদি একই কয়েলের দুই পরিবাহী একই মেরুর অধীনে থাকে, তবে তাহাদের মধ্যে সর্বদা একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকিবে, আর সেক্ষেত্রে কম্যুটেটারের কারেণ্ট উভয় প্রবাহের বিয়োগফলের সমান হইবে। ইহাতে তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের মোট পরিমাণ কমিয়া যাইবে, ফলে জেনারেটারও অপেক্ষাকৃত কম বৈদ্যুতিক শক্তি বাহিরের বর্তনীতে সরবরাহ করিবে।

একটি কয়েলের দুই পরিবাহীর মধ্যে দূরত্ব পূরা পোল-পিচের সমান না রাখিয়া যদি তাহার ৯/১০ অংশ রাখা যায়, তবে আর্মেচারের পিছন দিকে সংযোগ করিতে তারের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম লাগে, আর কম্যুটেশনের কাজেও ইহাতে কিছুটা সুবিধা হয়। এইরূপ কয়েল দিয়া যে ওয়াইণ্ডিং করা হয় তাহাকে "ফ্রাক্শন্যাল-পিচ ওয়াইণ্ডিং" (fractional-pitch winding) বা "পিচের ভগ্নাংশ-সমন্বিত ওয়াইণ্ডিং" বলে। কিন্তু এই ভগ্নাংশ আবার ৮/১০ অংশ অপেক্ষা কম হইলে বিদ্যুতের পরিমাণ কমিয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

আর্মেচারের প্রতি খাঁজে কেবলমাত্র একটি করিয়া পরিবাহী বসাইয়া যদি ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ করা যায়, তবে তাহাকে "সিঙ্গল-লেয়ার ওয়াইণ্ডিং" (single-layer

winding) বা "একস্তর বিশিষ্ট ওয়াইণ্ডিং" বলে। মাঝারি বা বড় মেসিনে এইরূপ ওয়াইণ্ডিং ব্যবহার করা বিশেষ অসুবিধাজনক, কারণ এই সকল মেসিনে অধিক সংখ্যক পরিবাহী ব্যবহার করিতে হয় বলিয়া একটি খাঁজে কেবলমাত্র একটি পরিবাহী বসাইতে গেলে প্রচুর সংখ্যক খাঁজের প্রয়োজন হয়, ফলে আর্মেচারের ব্যাস ও সেই সঙ্গে মেসিনের আকার বাড়িয়া যায়, আর মেসিনটি তৈরী করিতে খরচও বেশী পড়ে। সেইজন্য মেসিন একটু বড় হইলেই একটি খাঁজে একাধিক পরিবাহী পর পর খাড়াভাবে (vertical) বসাইয়া ওয়াইণ্ডিং করা হইয়া থাকে। এই প্রকার ওয়াইণ্ডিংকে 'বহুস্তর বিশিষ্ট ওয়াইণ্ডিং" (multi-layer winding) বলে।

আর্মেচারের একই খাঁজে সাধারণতঃ দুইটি করিয়া পরিবাহী বসানো থাকে একটি পরিবাহী উপরের দিকে এবং অপরটি নীচের দিকে। যদি কোন কয়েলের একটি পরিবাহী কোন একটি খাঁজের মধ্যে নীচের দিকে অবস্থান করে, তবে উহার অপর পরিবাহী অন্য কোন একটি খাঁজের মধ্যে অবশ্যই উপরের দিকে অবস্থান করিবে। কারণ এইভাবে বসাইলে তবেই উহাদের প্রান্তগুলি খুব সহজে ও শৃঙ্খলাবদ্ধভাবে একের পর এক খাঁজ হইতে বাহির করিয়া আনিয়া কম্যুটেটরে সংযোগ করা যায়। ১৬নং চিত্র লক্ষ্য করিলে ইহা ভালভাবে বুঝিতে পারিবে। এইভাবে নীচের স্তর হইতে উপরের স্তরে আবার উপরের স্তর হইতে নীচের স্তরে সংযোগ করিয়া যাহাতে কয়েলগুলি আর্মেচারের খাঁজে সহজে বসানো যায় সেইজন্য প্রত্যেক কয়েলের দুই পরিবাহীর পিছনের ও সামনের সংযোগের মধ্যস্থলে একটি বিশেষ ধরনের মোচড় (twist) দেওয়া থাকে। ১৬নং চিত্রে আর্মেচারের পশ্চাদ্দিকে কয়েলের এই মোচড়গুলি দেখানো হইয়াছে।

একটি দুই-স্তর বিশিষ্ট ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং যাহার পশ্চাতের পিচ = ৯ ও সম্মুখের পিচ = ৭

১৬নং চিত্র

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, ড্রাম আর্মেচার জড়াইবার সময় কোন কয়েলের একদিক যখন চুম্বক-ক্ষেত্রের উত্তর মেরুর নীচ দিয়া যায়, তাহার অন্য দিক তখন পাশের দক্ষিণ মেরুর

নীচ দিয়া ঘুরিয়া আসে। এই দুইটি তার লইয়া একটি একপাক-ওয়ালা আর্মেচার-কয়েল হয়। একটি কয়েলে এক হইতে সুরু করিয়া পাক যত ইচ্ছা থাকিতে পারে। কোন কোন আর্মেচারে এক এক খাঁজে প্রায় ১৬০ হইতে আরম্ভ করিয়া ৪০০ পর্যন্ত পাকের কয়েল থাকে, তবে আর্মেচার ছোট হইলে পাকের সংখ্যা অপেক্ষাকৃত কম হয়। আবার বড় বড় মেসিনের কয়েলে মাত্র এক পাকও থাকে। একটি সাধারণ ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে প্রথম কয়েলের শেষ ও দ্বিতীয় কয়েলের গোড়া একসঙ্গে জোড়া করিয়া একটি কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টে ঝালাই করা হয়। মনে কর ইহা এক নম্বর সেগ্‌মেণ্ট। সেইরূপ, দ্বিতীয় কয়েলের শেষ ও তৃতীয় কয়েলের গোড়া একত্রে পাশের দুই নম্বর সেগ্‌মেণ্টে ঝালাই করিতে হয়, আবার তৃতীয় কয়েলের শেষ ও চতুর্থ কয়েলের গোড়া তিন নম্বর সেগ্‌মেণ্টে ঝালাই করিতে হয়,—এই ভাবেই আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং অগ্রসর হইতে থাকে।

আর্মেচারের পশ্চাদ্দিকে কোন কয়েলের এক পরিবাহী হইতে উহার অন্য পরিবাহী অন্যান্য যতগুলি পরিবাহীকে অতিক্রম করিয়া অগ্রসর থাকে, তাহাদের সংখ্যাকে আর্মেচারের **"ব্যাক্ পিচ"** (back pitch) বা **পশ্চাতের পিচ** বলে। ব্যাক্ পিচ সাধারণতঃ y_b-দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, মনে কর উত্তর মেরুর নীচে অবস্থিত কোন কয়েলের প্রথম পরিবাহী ১নং কণ্ডাক্টার আর দক্ষিণ মেরুর নীচে অবস্থিত উহার দ্বিতীয় পরিবাহী ৮নং কণ্ডাক্টার। সেক্ষেত্রে ওয়াইণ্ডিংয়ের পশ্চাতের পিচ

$$y_b = ৮ - ১ = ৭$$

হইবে। ১৩নং চিত্র লক্ষ্য করিলে বুঝিতে পারিবে যে, আর্মেচারের এই পশ্চাতের পিচ বা ব্যাক পিচ কয়েলের bc অংশের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভরশীল। সেইরূপ, আর্মেচারের সম্মুখদিকে কোন একটি পরিবাহীর প্রান্ত অন্য যতগুলি পরিবাহীকে অতিক্রম করিয়া আর একটি পরিবাহীর প্রান্তের সহিত কম্যুটেটারে আসিয়া যুক্ত হয়, তাহাদের সংখ্যাকে **"ফ্রণ্ট পিচ"** (front pitch) বা **সম্মুখের পিচ** বলে। এই পিচ সাধারণতঃ y_f-দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। মনে কর, উপরি-উক্ত ৮নং কণ্ডাক্টারের প্রান্ত আর্মেচারের সামনের দিকে ৩নং কণ্ডাক্টারের প্রান্তের সহিত একত্র হইয়া কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের উপর যুক্ত হইল। সেক্ষেত্রে ওয়াইণ্ডিংয়ের সম্মুখের পিচ

$$y_f = ৮ - ৩ = ৫$$

হইবে। ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে পশ্চাতের পিচকে সম্মুখের পিচ অপেক্ষা বড় অথবা ছোট করিতে পারা যায়, কিন্তু উভয়কে কখনই সমান করা চলে না। y_b-কে y_f-এর সমান করিলে একই কয়েলের দুই প্রান্ত কম্যুটেটারের একই সেগ্‌মেণ্টে আসিয়া যুক্ত হইবে। তখন কয়েলটি 'সর্ট-সারকিট' (short-circuit) হইয়া অতিশয় গরম হইয়া উঠিবে এবং বাহিরের বর্তনীতে কোন কারেণ্ট পাঠাইতে পারিবে না। যে ওয়াইণ্ডিংয়ে সম্মুখের পিচ অপেক্ষা পশ্চাতের পিচ বড় হয়, তাহাকে **"প্রোগ্রেসিভ্ ওয়াইণ্ডিং"**

(progressive winding) বলে। কম্যুটেটার-প্রান্ত হইতে এই ওয়াইণ্ডিংকে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, কয়েলগুলি পর পর ক্রমশঃ দক্ষিণাবর্তে অগ্রসর হইয়া ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ করিয়াছে। আর যে ওয়াইণ্ডিংয়ে সম্মুখের পিচ অপেক্ষা পশ্চাতের পিচ ছোট হয়, তাহাকে **"রেট্রোগ্রেসিভ ওয়াইণ্ডিং"** (retrogressive winding) বলে। কম্যুটেটার-প্রান্ত হইতে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, কয়েলগুলি এক্ষেত্রে পর পর ক্রমশঃ বামাবর্তে অগ্রসর হইয়া ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ করিয়াছে।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, একই খাঁজে সাধারণতঃ দুইটি করিয়া পরিবাহী খাড়াভাবে বসানো থাকে—একটি উপরের দিকে এবং অন্যটি নীচের দিকে। উপরের পরিবাহী সাধারণতঃ বিজোড় সংখ্যার দ্বারা আর নীচের পরিবাহী জোড় সংখ্যার দ্বারা চিহ্নিত করা থাকে। এখন, একই কয়েলের একটি পরিবাহীকে যদি কোন খাঁজের মধ্যে উপরের দিকে এবং অপর পরিবাহীকে অন্য কোন খাঁজের মধ্যে নীচের দিকে রাখিতে হয়, তবে y_b আর y_f উভয়ই বিজোড় সংখ্যা হইবে। y_b আর y_f জোড় সংখ্যা হইলে কয়েলের দুই দিকই খাঁজের মধ্যে হয় নীচের দিকে অথবা উপরের দিকে বসিবে, একটিকে নীচের দিকে আর অন্যটিকে উপরের দিকে বসানো তখন কোন প্রকারেই সম্ভব হইবে না।

যেহেতু ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে পশ্চাতের পিচ কখনই সম্মুখের পিচের সমান হইতে পারে না, আর উভয়ের সংখ্যা যেহেতু বিজোড় হওয়া দরকার, অতএব উভয় পিচের মধ্যে পার্থক্যের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা হইবে ২, অর্থাৎ

$$y_b = y_f \pm ২ ।$$

ওয়াইণ্ডিং প্রোগ্রেসিভ হইলে যোগ চিহ্ন, আর রেট্রোগ্রেসিভ হইলে বিয়োগ চিহ্ন ব্যবহার করিতে হইবে।

y_b আর y_f-এর গড়কে ওয়াইণ্ডিংয়ের গড়-পড়তা পিচ বলে। অতএব ওয়াইণ্ডিংয়ের গড়-পড়তা পিচ

$$y = \frac{y_b + y_f}{২} ।$$

যেহেতু একই কয়েলের দুই পরিবাহী পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি বিপরীত মেরুর অধীনে অবস্থান করে, অতএব ওয়াইণ্ডিংয়ের গড়-পড়তা পিচ একটি মেরুর অধীনে যে-কয়টি পরিবাহী থাকে তাহাদের সংখ্যার প্রায় সমান হয়।

ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং পর্যালোচনা করিলে দেখা যাইবে যে, প্রতিটি কয়েলের জন্য একটি করিয়া কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্ট প্রয়োজন। সুতরাং কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের সংখ্যা

$$N_c = N = \frac{Z}{২}$$

হইবে, এখানে N-দ্বারা মোট কয়েলের সংখ্যা, আর Z-দ্বারা মোট পরিবাহীর সংখ্যা বুঝানো হইয়াছে।

উপরে এতক্ষণ ওয়াইণ্ডিংয়ের বিষয়ে যে-সমস্ত আলোচনা করা হইল, তাহা হইতে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, যে কোন ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংকেই নিম্নলিখিত তিনটি মৌলিক শর্ত মানিয়া চলিতে হইবে:

১নং শর্ত—প্রতিটি কয়েলের দুই দিকের মধ্যে দূরত্ব এমন হওয়া চাই যাহাতে একই কয়েলের দুই পরিবাহী পাশাপাশি অবস্থিত দুই বিপরীত মেরুর অধীনে অবস্থান করিতে [illegible]। (The pitch must be such that the opposite sides of a coil [illegible] under adjacent unlike poles)।

২নং শর্ত—ওয়াইণ্ডিংয়ে প্রতিটি [illegible] অবশ্যই একবার এবং কেবলমাত্র একবার [illegible] হইবে। (The winding must include each element once and only once)।

৩নং শর্ত—ওয়াইণ্ডিং যেখান হইতে শুরু হইবে, অবশ্যই সেখানে আসিয়া শেষ হইবে, অর্থাৎ ওয়াইণ্ডিং [illegible] নিজের মধ্যেই বদ্ধ থাকিবে (The winding must be re-entrant or must close on itself)।

এখন, কোন একটি আর্মেচারের খাঁজ, কম্যুটেটার-সেগমেণ্ট আর পোল গণনা করিয়া কিরূপে উহার ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের হিসাব ঠিক করিতে পারা যায়, তাহা নিম্নে একটি উদাহরণের সাহায্যে বুঝানো হইল।

উদাহরণ ১১। একটি আর্মেচারে ৪টি পোল, একস্তর ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং ও ২৪টি খাঁজ আছে। এই আর্মেচারের [illegible] সংযোগের একটি তালিকা প্রস্তুত কর, এবং একটি পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহাতে কয়েলের সংযোগ পোল, কম্যুটেটার ও ব্রাশের অবস্থান এবং প্রতিটি পরিবাহীতে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ স্পষ্ট করিয়া দেখাও।

একস্তর ওয়াইণ্ডিং বলিয়া প্রতি খাঁজে একটি করিয়া পরিবাহী আছে। অতএব আর্মেচার পরিবাহীর মোট সংখ্যা ২৪, এবং কয়েল ও কম্যুটেটার সেগমেণ্টের মোট সংখ্যা ১২ হইবে। পোল-পিচ [illegible]

$$= \frac{\text{পরিবাহীর সংখ্যা}}{\text{পোলের সংখ্যা}} = \frac{Z}{P} = \frac{২৪}{৪} = ৬।$$

সুতরাং ওয়াইণ্ডিং প্রোগ্রেসিভ হইলে $y_b = ৭$ ও $y_f = ৫$, আর ওয়াইণ্ডিং রেট্রো-গ্রেসিভ হইলে $y_b = ৫$ ও $y_f = ৭$ ধরিতে হইবে। মনে কর, বর্তমান ক্ষেত্রে ওয়াইণ্ডিংটি প্রোগ্রেসিভ। এই অবস্থায় সংযোগের তালিকা কিরূপ হইবে তাহা নিম্নে দেখানো হইল।

সংযোগের তালিকা (Winding Table)

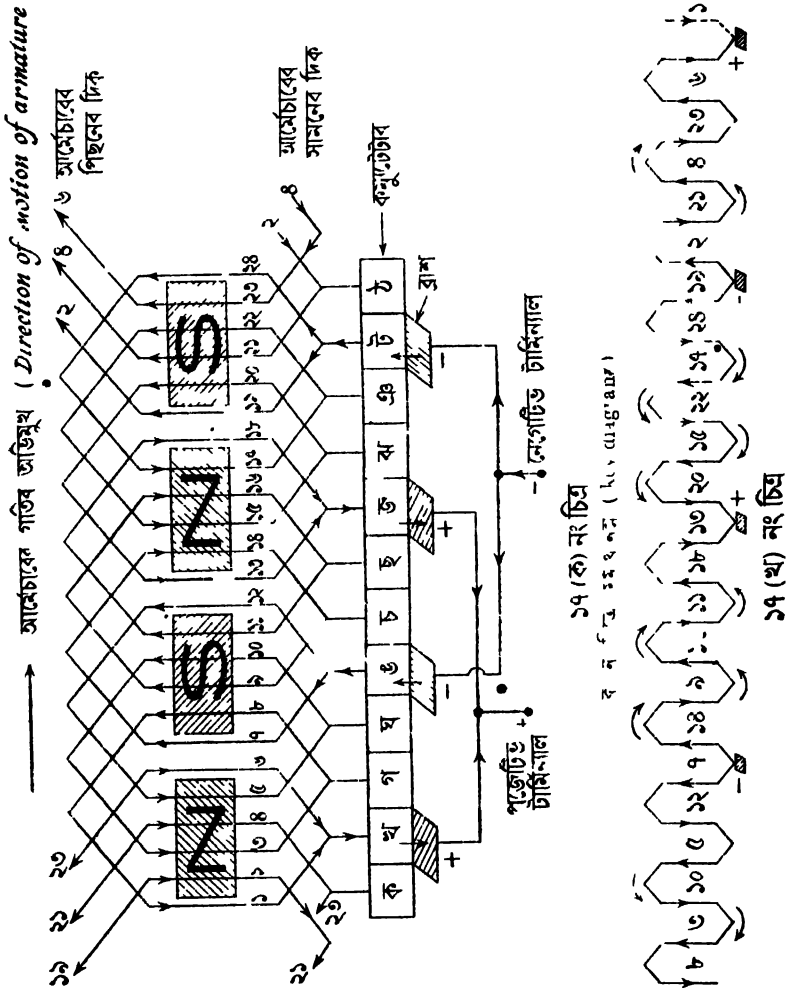
আর্মেচারের পশ্চাদ্দিকে	আর্মেচারের সম্মুখের দিকে
আর্মেচারের পশ্চাতের পিচ	আর্মেচারের সম্মুখের পিচ
$y_b = ৭$	$y_f = ৫$
১—৮	৮—৩
৩—১০	১০—৫
৫—১২	১২—৭
৭—১৪	১৪—৯
৯—১৬	১৬—১১
১১—১৮	১৮—১৩
১৩—২০	২০—১৫
১৫—২২	২২—১৭
১৭—২৪	২৪—১৯
১৯—২	২—২১
২১—৪	৪—২৩
২৩—৬	৬—১

একখানা ধাতুর চাদরকে গোল করিয়া পাকাইলে একটি ফাঁপা চোঙ (hollow cylinder) হয়। তেমনি, যদি কোন ফাঁপা চোঙকে লম্বালম্বিভাবে চিরিয়া জমির উপর পাতিয়া দেওয়া যায়, তবে তাহা একটি "চাদর"-এর আকার ধারণ করে, আর সেই চাদরকে ড্রয়িংয়ের ভাষায় "ডেভেলপমেণ্ট" (development) বলে। উপরি উক্ত আর্মেচারকে ওয়াইণ্ডিংসুদ্ধ লম্বালম্বিভাবে চিরিয়া ছড়াইয়া দিলে তাহা যেরূপ দেখাইবে, ১৭ (ক) নং চিত্রে তাহাই দেখানো হইয়াছে। এই চিত্রে আর্মেচারের খাঁজগুলি ১ হইতে ২৪ পর্যন্ত লাইনের আকারে পাশে পাশে সাজানো অবস্থায় দেখা যাইতেছে, আর ফীল্ড-পোল চারিটি আর্মেচারের তলায় আছে। মনে কর, প্রথম পোলটি চুম্বকের উত্তর মেরু, দ্বিতীয়টি দক্ষিণ মেরু, তৃতীয়টি আবার উত্তর মেরু—এইভাবে পোলগুলি সাজানো আছে। এই পোলগুলি কতটা চওড়া হইবে, তাহা একটা হিসাব অনুসারে নির্ধারিত হয়। মোটামুটিভাবে আর্মেচারের শতকরা ৭০ ভাগ জায়গা সবগুলি পোল একত্রে জুড়িয়া থাকে, বাকী ৩০ ভাগ জায়গা পাশাপাশি অবস্থিত পোলগুলির মধ্যে ফাঁক হিসাবে থাকে। মেসিনে চারিটি পোল আছে, আর সমস্ত পরিধিতে ২৪টি খাঁজ আছে। সুতরাং প্রতি পোলের উপরে থাকিবে

$$০\cdot৭ \times \frac{২৪}{৪} = ৪\cdot২ \text{টি খাঁজ।}$$

এই প্রকার চিত্রে পশ্চাতের পিচের সংযোগ খাঁজের উপরে, আর সম্মুখের পিচের সংযোগ খাঁজের নীচের দিকে থাকে। তাহার ও নীচে ক, খ প্রভৃতি দ্বারা চিহ্নিত কম্যুটেটারের ১২টি সেগমেণ্ট একটি ফালির আকারে দেখানো হইয়াছে।

১৭ (ক) নং চিত্র

১৭ (খ) নং চিত্র

মেসিনে তৈরী কয়েলের সাহায্যে যদি আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং করিতে হয়, তবে সংযোগের তালিকার পশ্চাতের পিচ অনুসারে কয়েলগুলি খাঁজের ভিতর বসাইতে হইবে, অর্থাৎ প্রথম কয়েলটির এক দিক ১নং খাঁজে আর অন্য দিক ৮নং খাঁজে, দ্বিতীয় কয়েলটির এক দিক ৩নং খাঁজে আর অন্য দিক ১০নং খাঁজে—এইভাবে কয়েলগুলি বসিবে।

এখন মনে কর আর্মেচারটি ঘুরিতেছে, আর কোন এক সময়ে আর্মেচারের খাঁজ আর পোলগুলির অবস্থান ১৭ (ক) নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইভাবে আছে। ঘুরন্ত অবস্থায় যে যে কয়েল পোলের সম্মুখে থাকে, তাহাতেই ভোল্টেজ আবিষ্ট হয়। সেই কারণে ১, ৬, ৭, ১২, [illegible], ১৮, ১৯ ও ২৭ নং ছাড়া অন্যান্য সকল পরিবাহী কোন না কোন পোলের সম্মুখে থাকায় সেই সকল পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইতেছে এবং বাহিরের বর্তনী সম্পূর্ণ থাকার ফলে সব কয়টি কয়েল দিয়াই তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে। এখানে একটি কথা মনে রাখা প্রয়োজন যে, তড়িৎ চাপ হইতেই তড়িৎ-প্রবাহের উৎপত্তি বলিয়া কোন পরিবাহীতে তড়িৎ চাপ আর তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ একই দিকে হইয়া থাকে। সুতরাং পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ কোন পরিবাহীতে কোন দিকে আছে, ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম প্রয়োগ করিলেই তাহা জানিতে পারা যায়। চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, আর্মেচারের চারিপাশে নিশ্চল (Stationary) পোলগুলি আবদ্ধ আছে আর তাহাদের উপর দিয়া আর্মেচার দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে (চিত্রে এই অভিমুখ বাঁ দিক হইতে ডান দিকে দেখানো হইয়াছে)। যেহেতু পোলের সীমারেখার মধ্যে ১নং খাঁজ অবস্থিত নহে, উহা কোন চুম্বক রেখা ছেদন করিতে পারিবে না। অতএব এই খাঁজকে বাদ দিয়া ২নং খাঁজের উপর ফ্লেমিং-এর নিয়ম প্রয়োগ কর। ২নং খাঁজ উত্তর মেরুর উপরে অবস্থিত, আর উত্তর মেরু হইতে চুম্বক রেখা বাহির হয়। সুতরাং এক্ষেত্রে মনে করিতে হইবে যে, উত্তর মেরু হইতে চুম্বক-রেখা উৎপন্ন হইয়া কাগজের তলা হইতে কাগজ ভেদ করিয়া উপরে উঠিতেছে। অতএব ডান হাতের তর্জনীকে উপরের দিকে প্রসারিত করিতে হয়। আবার আর্মেচার বাঁ দিক হইতে ডান দিকে যাইতেছে বলিয়া বুড়ো আঙ্গুলকে প্রসারিত করিতে হইবে নিজের ডান বাহুর দিকে। এখন মধ্যমা আঙ্গুলের অগ্রভাগ যে দিকে প্রসারিত থাকিবে তাহা হইতে দেখা যাইবে যে, ২নং খাঁজে যতগুলি পরিবাহী আছে তাহাদের মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ আর্মেচারের পিছন হইতে সম্মুখের দিকে অর্থাৎ কম্যুটেটরের দিকে রহিয়াছে। এই ভাবে উত্তর মেরুর সম্মুখে যত খাঁজ আছে আর উহাদের ভিতরে যত কয়েল আছে, তাহাদের প্রত্যেকটির পরিবাহীতে একই অভিমুখে তড়িৎ চাপ ও তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হইবে। চিত্রে তীরের ফলার সাহায্যে এই অভিমুখ পরিষ্কারভাবে দেখানো হইয়াছে।

একই উপায়ে দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে যতগুলি খাঁজ আছে তাহাদের মধ্যে অবস্থিত কয়েলগুলির পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ নির্ণয় করিতে হইবে। তবে চুম্বক-রেখা উত্তর মেরু হইতে বাহির হইয়া দক্ষিণ মেরুতে ফিরিয়া যায় বলিয়া এক্ষেত্রে ডান হাতের তর্জনীকে নীচের দিকে প্রসারিত করিতে হইবে। এখন মধ্যমার প্রসারিত প্রান্তের দিকে লক্ষ্য করিলেই বুঝা যাইবে যে, এই সকল পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ উত্তর মেরুর সাহায্যে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখের ঠিক বিপরীত দিকে

রহিয়াছে, অর্থাৎ আর্মেচারের সম্মুখ হইতে পিছনের দিকে বহিয়াছে। এই আড়ভমুখও তীরের ফলার সাহায্যে চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

এইবার ব্রাশগুলিকে উহাদের নির্দিষ্ট জায়গায় বসাইতে হইবে। যদি ব্রাশ ঠিক জায়গায় বসানো না হয়, তবে কম্যুটেটারে আগুন দেখা দেয় আর জেনারেটার কম ভোল্টেজ উৎপাদন করে। ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে যতগুলি পোল ব্রাশও ততগুলি থাকে, কারণ এই ওয়াইণ্ডিংয়ে পোলের সমান সংখ্যক প্যারাল্যালেল-সারকিট সৃষ্ট হয়। ব্রাশগুলি কম্যুটেটারের উপরে এমনভাবে বসাইতে হয় যাহাতে পাশাপাশি অবস্থিত যে কোন দুইটি ব্রাশের মধ্যবর্তী কম্যুটেটার সেগমেন্টের সংখ্যা সবত্রই সমান থাকে। কিভাবে এই কাজ করা হয়, তাহা ১৭(খ)নং চিত্রের সাহায্যে বুঝানো হইল:

১৭(ক)নং চিত্রের মত ২৪টি সেগমেন্টের জন্য ২৪টি খাড়া খাড়া লাইন টান [১৭(খ)নং চিত্র]। যে সংযোগের তালিকার বলে আর্মেচারে তার জড়ানো হইয়াছে, তাহাতে পর পর যেভাবে পরিবাহী যাচ্ছে, এই লাইনগুলির মাথায়ও সেই ক্রম অনুসারে নম্বর দাও, অর্থাৎ ১-এর পরে ৮, তাহার পরে যথাক্রমে ৩, ১০, ৫, ইত্যাদি। আর ঐ ঐ নম্বরের লাইনে যে দিকের সংযোগে তীরের ফলা (arrow heads) বসানো আছে, তাহাও বসাও। এখন, যেহেতু ১৭(ক) নং চিত্রে ১নং পরিবাহীর সহিত আর্মেচারের পিছন দিক দিয়া ৮নং পরিবাহীর সংযোগ যাচ্ছে, ১৭(খ) নং রেখাচিত্রেও তেমনি উপরের দিকে ১নং এবং সাথে ৮নং যোগ করিয়া দাও। সেইরূপ, নীচের দিকে ৮নং এবং ৩নং ১০নং যোগ কর, আর এইভাবে রেখাচিত্রটি সম্পূর্ণ কর।

এইবার ১৭(খ)নং চিত্রটির ডান দিক হইতে পরীক্ষা করিয়া দেখ। ২৩নং পরিবাহী দিয়া যে দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে, তাহা উহার আগের ৪নং পরিবাহী দিয়া প্রবাহিত তড়িতের অভিমুখের বিপরীত, অর্থাৎ এই দুই পরিবাহী দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে কোন বাধা পায় না। এইভাবে যদি ক্রমশঃ বাঁ দিকে অগ্রসর হওয়া যায়, তবে দেখা যাইবে যে ২০, ৯, ২১ ও ২—এই চারিটি পরিবাহী দিয়া তড়িৎ একই দিকে, অর্থাৎ বাঁ দিক হইতে ডান দিকে প্রবাহিত হইতেছে। ২নং এর পরে ১৩নং পরিবাহীতে কোন তড়িৎচাপ আবিষ্ট না হওয়ায় উহার ভিতর দিয়া যে কোন দিকেই তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে। এই পরিবাহীকে ছাড়াইয়া যদি পরবর্তী ২৪নং পরিবাহীতে আসা যায়, তবে দেখা যাইবে যে ইহাতেও কোন তড়িৎ-চাপ নাই। কিন্তু ২৪নং পরিবাহীর আগে পর পর চারিটি পরিবাহীতে তড়িৎ আবার বিপরীত দিকে, অর্থাৎ ডান দিক হইতে বাঁ দিকে প্রবাহিত হইতেছে। সুতরাং আর্মেচারে এই দুই বিপরীত দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইতে গেলে, মাঝখানে কোন এক জায়গায় বাহির হইতে তড়িৎ প্রবেশের ব্যবস্থা না করিলে মেসিন চলিতে পারে না। সেইজন্য ২৪নং আর ১৩নং পরিবাহী সম্মুখের দিকে যেখানে সংযুক্ত করা আছে, সেই বিন্দুতে বাহির হইতে আর্মেচারে তড়িৎ প্রবেশের বন্দোবস্ত করিতে হইবে, অর্থাৎ ঐ লুপ কম্যুটেটারের যে সেগ্‌মেন্টের সহিত ঝালাই করা আছে, সেই সেগমেন্টের উপর একটি ব্রাশ বসিবে এবং সেইটি একটি **নেগেটিভ ব্রাশ** হইবে।

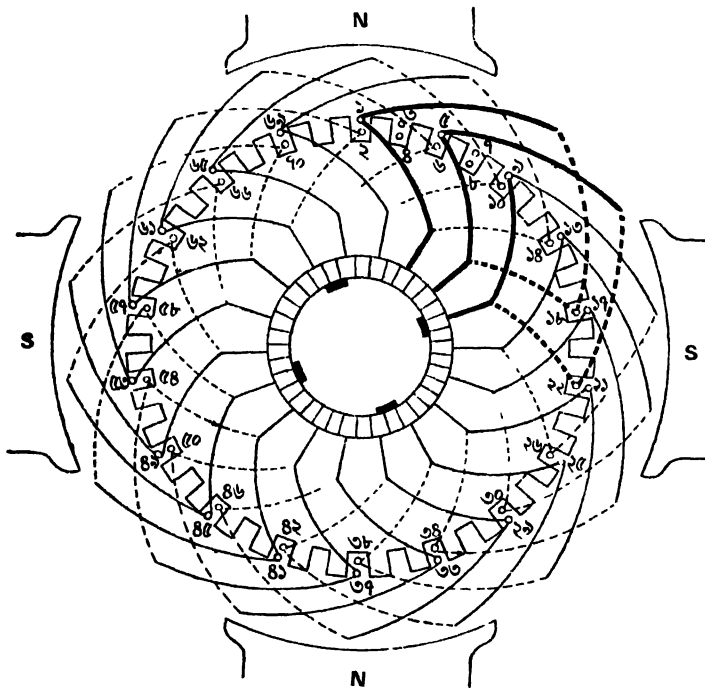
এখন, দুইটি পজিটিভ ব্রাশকে সংযুক্ত করিয়া যে লাইনটি মেসিনের বাহিরে আনা হইবে তাহাই জেনারেটারের পজিটিভ প্রান্ত, আর দুইটি নেগেটিভ ব্রাশকে সংযুক্ত করিয়া যে লাইনটি বাহিরে আনা হইবে তাহাই জেনারেটারের নেগেটিভ প্রান্ত (terminal) বলিয়া বিবেচিত হইবে।

(৵০) বহু পরিবাহী সমন্বিত কয়েল (Multiple Coils)

বড় বড় মেসিনের এক-একটি খাঁজে প্রায়ই অনেকগুলি করিয়া পরিবাহী থাকে। পরিবাহীর সংখ্যা চার, ছয় কিংবা আট পর্যন্ত হয়। তবে আটের বেশী পরিবাহী একই খাঁজে কদাচিৎ ব্যবহার করিতে দেখা যায়। যে-সকল কারণে একই খাঁজে একাধিক সংখ্যক পরিবাহী বসানো প্রয়োজন হয়, তাহাদের নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।

একটি ডি. সি. জেনারেটারে কম্যুটেটার সেগ্‌মেন্টের সংখ্যা খুব কম হওয়া বাঞ্ছনীয় নহে। সেগ্‌মেন্টের সংখ্যা কম হইলে প্রতি সেগ্‌মেন্টে তড়িৎ চাপের পরিমাণ অধিক হয়, আর সেই তড়িৎ-চাপ ১২ ভোল্ট বা তাহার কাছাকাছি মান অপেক্ষা বেশী হইলে সমগ্র কম্যুটেটারের উপরিভাগ অগ্নিবলয়ের (flash over) দ্বারা আবৃত হওয়ার আশঙ্কা দেখা দেয়। সেইজন্য আর্মেচারের প্রতিটি প্যারালেল-রাস্তায় যতটা তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হওয়ার কথা, তাহার পরিমাণ বিবেচনা করিয়াই সেগ্‌মেন্টের সংখ্যা নির্ধারণ করা উচিত। তাহা ছাড়া আর্মেচারে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহা পরিবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ। কম্যুটেটার আর ব্রাশের সাহায্যেই তাহাকে অনুবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহরূপে বাহিরের বর্তনীতে সরবরাহ করা হয়। কিন্তু যদি সেগ্‌মেন্টের সংখ্যা খুব কম থাকে, তবে এই পরিবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ জেনারেটার হইতে বাহির হইয়া আসিবার সময় পুরাপুরি অনুবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ হইয়া উঠিতে পারে না। ফলে তাহা ব্যবহার করিবার সময় নানাপ্রকার অসুবিধা দেখা দেয়। তাই সকল দিক বিবেচনা করিয়া কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্ট আর সেই সঙ্গে পরিবাহীর সংখ্যা বৃদ্ধি করা একান্ত প্রয়োজন হইয়া পড়ে। এখন, যদি মাত্র দুইটি করিয়া পরিবাহী এক-একটি খাঁজে বসানো হয়, তবে অধিক সংখ্যক পরিবাহীর জন্য অধিক সংখ্যক খাঁজেরও প্রয়োজন হইবে। ইহাতে প্রতি খাঁজের আয়তন কমিয়া যাইবে এবং আর্মেচারের দাঁতগুলির গোড়া এত সরু হইবে যে, ঐগুলি স্বভাবতই অতিশয় দুর্বল হইয়া পড়িবে। তাই খাঁজের সংখ্যা বৃদ্ধি না করিয়া প্রতি খাঁজে অধিক সংখ্যক পরিবাহী ব্যবহার করিলে আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিংয়ের পক্ষে তাহা অধিকতর সুবিধাজনক হয়।

দুই, তিন, চার বা ততোধিক কয়েলকে একত্রে ফিতা দিয়া জড়াইয়া যখন একটিমাত্র কয়েলে রূপান্তরিত করা হয়, তখন সেই কয়েলকেই সাধারণভাবে "বহু পরিবাহী সমন্বিত কয়েল" বা "মাল্টিপ্‌ল্ কয়েল" বলে। কিন্তু সুনির্দিষ্টভাবে বুঝাইবার জন্য দুইটি কয়েল লইয়া গঠিত হইলে মাল্টিপ্‌ল্ কয়েলকে "দুই পরিবাহী সমন্বিত কয়েল" বা "ডবল কয়েল" (double coil), তিনটি কয়েল লইয়া গঠিত

কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের উপর যুক্ত হইবে, আর ৩নং পরিবাহী যে-খাঁজে বসিবার কথা, সেই খাঁজটি খালি থাকিবে। সেইরূপ, দ্বিতীয় কয়েলের এক দিক ৫নং পরিবাহী ও অন্য দিক ২২নং পরিবাহী হইবে, এবং কম্যুটেটারের দিকে ২২নং পরিবাহীর প্রান্ত ৯নং পরিবাহীর প্রান্তের সহিত যুক্ত হইবে। অতএব ৩, ৪, ৭, ৮, প্রভৃতি পরিবাহী এই ওয়াইণ্ডিংয়ের অন্তর্ভুক্ত হইবে না, এবং আর্মেচারের খাঁজগুলির মধ্যে পর্যায়ক্রমে একটি বাদ দিয়া একটি খালি থাকিবে আর কম্যুটেটারের দিকে পর্যায়ক্রমে একটি সেগ্‌মেণ্ট বাদ দিয়া পরেরটিতে কয়েলের প্রান্ত আসিয়া যুক্ত হইবে। এইভাবে অগ্রসর হইয়া মাত্র একপাক ঘুরিবার পর ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ হইবে, অর্থাৎ কেবল ১৮টি খাঁজ আর ১৮টি কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্ট ব্যবহার করিবার পরেই ওয়াইণ্ডিং যেখান হইতে সুরু হইয়াছিল সেইখানে ফিরিয়া আসিবে। এইরূপ একটি ওয়াইণ্ডিং ১৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ওয়াইণ্ডিংয়ের যে পরিবাহী খাঁজের ভিতরে উপরের দিকে আছে তাহা পূরা লাইনের সাহায্যে, আর নীচের দিকে অবস্থিত পরিবাহী বিন্দু-দ্বারা চিহ্নিত করা লাইনের সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।

ডুইহারা (duplex) ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং—কেবল একটিমাত্র ওয়াইণ্ডিংয়ের সংযোগ দেখানো হইয়াছে

১৮নং চিত্র

যেহেতু এই প্রকার একটি ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ হওয়ার পরে আর্মেচারের অর্ধেক সংখ্যক খাঁজ আর কম্যুটেটারের অর্ধেক সংখ্যক সেগ্‌মেণ্ট খালি থাকিয়া যায়, অতএব ঐ সকল

খাঁজে কয়েল বসাইয়া এবং অব্যবহৃত সেগ্‌মেণ্টের সহিত তাহাদের ঝালাই করিয়া প্রথমটির অনুরূপ দ্বিতীয় আর একটি ওয়াইণ্ডিং করা যাইতে পারে। এই দুই ওয়াইণ্ডিং একই আর্মেচারে অবস্থিত হইলেও সম্পূর্ণ পৃথক এবং একটি অন্যটি হইতে ইন্‌সুলেট করা অবস্থায় থাকে, কেবলমাত্র কম্যুটেটারের উপরে অবস্থিত ব্রাশের মাধ্যমেঃ তাহাদের মধ্যে বৈদ্যুতিক সংযোগ সাধিত হয়। সেইজন্য এই সকল ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্রাশ এতটা চওড়া হওয়া প্রয়োজন যাহাতে উহা সকল সময় পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি কম্যুটেটার সেগ্‌মেণ্ট জুড়িয়া অবস্থান করিতে পারে। ব্রাশ এইভাবে অবস্থান করে বলিয়া ওয়াইণ্ডিং দুইটি পরস্পরের সহিত প্যারালেলে সংযুক্ত হয়। যখন আর্মেচারে দুইটি ওয়াইণ্ডিং এইভাবে প্যারালেলে থাকে, তখন উহাকে "দুইহারা ওয়াইণ্ডিং" (duplex winding) বলে। সেইরূপ, তিনটি ওয়াইণ্ডিং প্যারালেলে থাকিলে উহাকে "তিনহারা ওয়াইণ্ডিং" (triplex winding), চারিটি প্যারালেলে থাকিলে উহাকে "চারহারা ওয়াইণ্ডিং" (quadruplex winding),—এইভাবে অভিহিত করা হয়।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, একটি একহারা ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে আর্মেচারে প্যারালেল-রাস্তার সংখ্যা মেসিনের পোলের সংখ্যার সমান। অতএব যদি প্যারালেলে সংযুক্ত 'm' সংখ্যক ওয়াইণ্ডিং লইয়া আর্মেচার গঠিত হয়, তবে উহাতে $P \times m$ সংখ্যক প্যারালেল-রাস্তার সৃষ্টি হইবে, আর $y_b - y_f = \pm 2m$ হইবে।

বহুহারা ওয়াইণ্ডিংয়ে যদি খাঁজ বা কয়েলের সংখ্যা বিজোড় হয়, তবে প্রথম ওয়াইণ্ডিংটি আর্মেচারকে একপাক ঘুরিয়াই যেখান হইতে শুরু হইয়াছিল সেখানে ফিরিয়া আসে না, ১নং পরিবাহী হইতে দুই পরিবাহী আগে বা পরে আসিয়া শেষ হয়, ফলে ওয়াইণ্ডিংটি নিজের মধ্যে আবদ্ধ (re-entrant) হইতে পারে না। তখন প্রথম ওয়াইণ্ডিং যেখানে শেষ হইয়াছে, দ্বিতীয় ওয়াইণ্ডিং সেইখান হইতে শুরু হয়, আর দুইহারা ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে তাহা আর্মেচারকে আবার একপাক ঘুরিয়া তবে ১নং পরিবাহীতে আসিয়া সম্পূর্ণ হয়। সুতরাং আর্মেচারে একাধিক ওয়াইণ্ডিং থাকিলেও তাহারা আলাদাভাবে নিজের নিজের মধ্যে আবদ্ধ থাকে না। প্রথম ওয়াইণ্ডিংয়ের সর্বপ্রথম পরিবাহীর সহিত শেষের ওয়াইণ্ডিংয়ের সর্বশেষ পরিবাহী আসিয়া মিলিত হয় এবং এইভাবে সব কয়টি ওয়াইণ্ডিং একত্রিত হইয়া একবারই মাত্র আবদ্ধ হইতে পারে। তবে বিদ্যুৎ উৎপাদনের দিক দিয়া ১৮নং চিত্রে বর্ণিত ওয়াইণ্ডিংয়ের সহিত এই প্রকার ওয়াইণ্ডিংয়ের কোনরূপ পার্থক্য নাই, তাই উভয় প্রকার ওয়াইণ্ডিংকেই বহুহারা ওয়াইণ্ডিং নামে অভিহিত করা হয়।

(৫/০) ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে ঈকোয়্যালাইজার বা ঈকোয়্যালাইজিং রিং-এর সংযোগ (Connections of Equalizers or Equalizing Rings in Lap Windings)

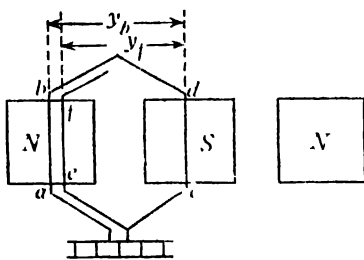
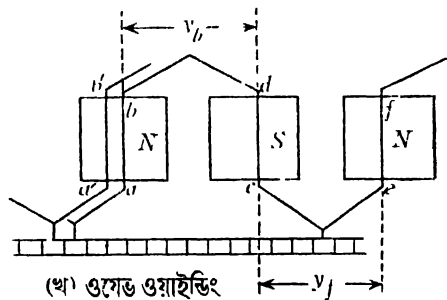
ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে তড়িৎ-প্রবাহের জন্য সাধারণতঃ অনেকগুলি করিয়া প্যারালেল-রাস্তা (parallel path) থাকে, আর সেই সকল রাস্তা ব্রাশের মাধ্যমে পরস্পরের

সঙ্গে প্যারালেলে সংযুক্ত থাকে (একারণ ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং যে মেসিনে যতগুলি পোল, আর্মেচারে ততগুলি প্যারালেল-রাস্তা থাকে)। এখন, যদি এমন কতকগুলি ব্যাটারিকে প্যারালেলে সংযুক্ত করা যায় যাহাদের তড়িৎ-চাপ অসমান, তবে বাহিরের বর্তনীতে কোন লোড সংযুক্ত না থাকিলেও ব্যাটারীগুলির নিজেদের মধ্যেই তড়িৎ-প্রবাহ আবর্তিত হইতে থাকে। ইহাতে শক্তি অনর্থক অপচয় হইবে, আর ব্যাটারিগুলিও অধিক পরিমাণে উত্তপ্ত হইয়া উঠিবে।

অনুরূপ অবস্থা ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রেও ঘটিতে দেখা যায়। আর্মেচারে যে তড়িৎ চাপ আবিষ্ট হয়, বিভিন্ন কারণে তাহার মান সকল রাস্তায় বা সার্কিটে সমান থাকে না। যখন কোন মেসিনের ফ্রেমে কয়েল জড়ানো হয় তখন অনেক জায়গায় এক নির্দিষ্ট ওজনের তার দিয়া এক একটি কয়েল তৈরী করা হয়। ইহাতে প্রত্যেক কয়েলে পাকের সংখ্যা একেবারে সমান পাওয়া যায় না। সুতরাং একই মেসিনের ভিন্ন ভিন্ন পোলে উৎপন্ন চুম্বক-রেখার প্রবাহ কম-বেশী থাকিয়া যায়। ইহা ছাড়া চুম্বকত্ব কম বেশী হওয়ার অন্য কারণও আছে। যে-সব মেসিনে পোল-কোর বা পোল সাহায্যে আর্মেচারের ... ভিন্ন পোলে ব্যবহৃত লোহার মধ্যে উপাদানগত কিছু তফাৎ থাকে, কিংবা যদি পোলের মাঝের ফাঁক ঠিক সোজাসুজি না হয়, কিংবা মেসিন চলিতে চলিতে বেয়ারিং ক্ষয় হইয়া যাওয়াতে যদি আর্মেচার কিছুমাত্রও একদিকে ঝুলিয়া পড়ে তবে চলিবার সময় আর্মেচারের ভিন্ন ভিন্ন কয়েলে আবিষ্ট তড়িৎ চাপের মধ্যে কিছু-না-কিছু পার্থক্য দেখা দিবেই। আর তড়িৎ-চাপের এই পার্থক্যের জন্যই বাহিরের বর্তনীতে কোন লোড না থাকিলেও ওয়াইণ্ডিংয়ের ভিতর অন্তরের মধ্যে কিছু পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ বহিতে থাকিবে। এই প্রবাহ যদি লোড-কারেন্টের (load current) সহিত একত্রিত হইয়া ব্রাশের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়, তবে ব্রাশসমূহ অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিতে পারে। তাই ব্রাশগুলিকে এই অতিরিক্ত প্রবাহের হাত হইতে রক্ষা করিবার জন্য আর্মেচার-কয়েলের যে যে বিন্দুতে হিসাবমত একই সময়ে ঠিক একই পরিমাণ তড়িৎ চাপ থাকা উচিত, সেই সব পরিবাহী পাট-দণ্ডি আলাদা আলাদা ইনসুলেটেড করা মোটা তামার পাত বা রিং-এর সাহায্যে আর্মেচারের পশ্চাদ্দিকে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। এই সকল তামার পাতকেই "ইকোয়্যালাইজার" বা ইকোয়্যালাইজিং রিং বলে। ইকোয়্যালাইজারের মধ্য দিয়া আবর্তিত তড়িৎ প্রবাহ আর্মেচারের এক কয়েল হইতে অন্য কয়েলে প্রবাহিত হইতে থাকে বলিয়া ব্রাশগুলি এই প্রবাহের হাত হইতে রক্ষা পায়।

সাধারণতঃ একটি মেসিনে যতগুলি পোল থাকে, তাহার অর্ধেক সংখ্যক কয়েল এক একটি ইকোয়্যালাইজারের সহিত যুক্ত থাকে। এই প্রকার সংযোগের কারণ যদি কোন মেসিনে চারিটি পোল থাকে, তবে উহার মধ্যে দুইটি নর্থ পোল বা উত্তর মেরু হইবে, আর যদি কোন সময়ে একটি উত্তর মেরুর বাঁ দিকের মুখের কাছে কোন কয়েলের একটি পরিবাহী থাকে [যেমন, ১৭(ক)নং চিত্রে ১নং পরিবাহী], তবে দ্বিতীয় উত্তর মেরুর বাঁ দিকের মুখের কাছেও ঠিক একই জায়গায় অন্য একটি কয়েলের একটি পরিবাহী

(২) ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং (Wave Winding)

ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ন্যায় ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়েও একই কয়েলের দুই দিক পাশাপাশি অবস্থিত দুই বিপরীত মেরুতে অবস্থান করে, অর্থাৎ যদি কোন কয়েলের এক দিক উত্তর মেরুর নীচে থাকে, তবে উহার অন্য দিক পাশের দক্ষিণ মেরুর প্রায় নীচেই থাকিবে। তফাতের মধ্যে এই যে, ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে যেরূপ দ্বিতীয় কয়েলটিকে প্রথম কয়েলের কাছেই আরম্ভ করা হয়, ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে তাহা করা হয় না। এই ওয়াইণ্ডিং ক্রমাগত দক্ষিণাবর্তে অগ্রসর হইতে থাকে। ২০(ক)নং চিত্রে দেখ একটি পরিবাহী ab উত্তর মেরুতে অবস্থিত রহিয়াছে, এবং উহা আর্মেচারের পশ্চাদ্দিক ঘুরিয়া পাশের দক্ষিণ মেরুতে অবস্থিত cd পরিবাহীর সহিত যুক্ত আছে। অতএব ab আর cd একই কয়েলের দুই দিক হইল। কয়েলটি ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে ব্যবহার করাতে cd পরিবাহীর প্রান্ত আর্মেচারের সম্মুখের দিকে ef পরিবাহীর প্রান্তের সহিত যুক্ত হইয়াছে, আর ef পরিবাহী ab-এর সহিত একই উত্তর মেরুতে অবস্থান করিতেছে। কিন্তু ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে আর্মেচারের সম্মুখে পরিবাহীর সংযোগ এইভাবে করা চলে না। ২০(খ) নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে। এই চিত্রেও ২০(ক) নং চিত্রের ন্যায় ab আর cd পরিবাহীদ্বয় একইভাবে অবস্থিত আছে। কিন্তু ef পরিবাহী ab-এর সহিত একই উত্তর মেরুতে অবস্থান না করিয়া cd যে দক্ষিণ মেরুতে

২০নং চিত্র

অবস্থিত তাহার ডান দিকে পাশের অন্য আর একটি উত্তর মেরুতে অবস্থিত রহিয়াছে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে কোন একটি কয়েল জড়ানো হইয়া গেলে উহার শেষ প্রান্তকে যেমন বামাবর্তে পিছাইয়া লওয়া হয়, ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে সেই প্রান্তকে সবদাই দক্ষিণাবর্তে আগাইয়া দেওয়া হয়, অর্থাৎ ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে আর্মেচারের পশ্চাৎ ও সম্মুখ—এই উভয় দিকেই পরিবাহীর সংযোগ ক্রমশঃ

অগ্রসর হইতে থাকে। আর সেই কারণেই এই ওয়াইণ্ডিংয়ে পশ্চাতের পিচ প্রয়োজন-বোধে সম্মুখের পিচের সমান করা চলে।

ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে কয়েলের সংযোগ ক্রমাগত অগ্রসর হইয়া যখন প্রথমবার ১নং খাঁজের কাছে ঘুরিয়া আসে, তখন দেখা যায় যে, সর্বশেষ পরিবাহী ১নং পরিবাহী হইতে এক খাঁজ তফাতে রহিয়াছে [২০ (খ) নং চিত্রে এই পরিবাহী a'b'-দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে]। ইহা হইতে এই হিসাব পাওয়া যায় যে—

$$\text{ওয়াইণ্ডিংয়ের গড়-পড়তা (average) পিচ } y = \frac{(\text{খাঁজের মোট সংখ্যা}) + ১}{\text{পোলের মোট সংখ্যা}}, \text{ অথবা}$$

$$\frac{(\text{খাঁজের মোট সংখ্যা}) - ২}{\text{পোলের মোট সংখ্যা}} ।$$

(১) যদি এই পিচ জোড় সংখ্যা হয়, তবে

সম্মুখের পিচ y_f = (গড়-পড়তা পিচ) + ১, অথবা
(গড়-পড়তা পিচ) ১ হইবে ;

আর পশ্চাতের পিচ y_b = (গড়-পড়তা পিচ) – ১, অথবা
(গড়-পড়তা পিচ) + ১ হইবে।

(২) কিন্তু যদি গড়-পড়তা পিচ বিজোড় সংখ্যা হয়, তবে
$y_f = y \quad y$ হইবে।

অর্থাৎ ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে আর্মেচারে যতগুলি খাঁজ থাকে তাহার সহিত ২ যোগ কিংবা বিয়োগ করিলে ... সংখ্যাটি পাওয়া যায়, তাহা মেসিনের পোলের সংখ্যার দ্বারা বিভাজ্য হওয়া চাই। তবে এই ভাগফল যে জোড় সংখ্যা হইবেই, এমন নহে, ইহা বিজোড় সংখ্যাও হইতে পারে। ইহাকেই গড়-পড়তা পিচ বলে। যদি গড়-পড়তা পিচ বিজোড় সংখ্যা হয়, তবে পশ্চাতের পিচ আর সম্মুখের পিচ উভয়েই গড়-পড়তা পিচের সমান হইবে। আর যদি গড়-পড়তা পিচ জোড় সংখ্যা হয়, তবে y_b আর y_f উভয়েই বিজোড় সংখ্যা হইবে এবং তাহাদের মধ্যে ২ পার্থক্য থাকিবে (অর্থাৎ যদি $y = ৬$ হয়, তবে $y_b = ৭$ আর $y_f = ৫$ হইবে, কিংবা $y_b = ৫$ আর $y_f = ৭$ হইবে)। এক্ষেত্রেও y_f অপেক্ষা y_b বড় হইলে ওয়াইণ্ডিং "প্রোগ্রেসিভ", আর y_b অপেক্ষা y_f বড় হইলে ওয়াইণ্ডিং "রেট্রোগ্রেসিভ" হইবে।

উপরের হিসাব মত আর্মেচার জড়াইতে হইলে আর্মেচারের খাঁজের সংখ্যা কম্যুটেটার-সেগমেন্টের সংখ্যার দ্বিগুণ হওয়া চাই, আর এই ব্যবস্থায় আর্মেচারে একটি সহজ বা একহারা (Simplex) ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং করাই সম্ভব। কিন্তু যদি

আর্মেচারের খাঁজের সংখ্যা কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের সংখ্যার সমান হয়, তবে ওয়াইণ্ডিংয়ের হিসাব নিম্নলিখিতরূপ হইবে—

$$y_b + y_f = \frac{২ [(\text{খাঁজের মোট সংখ্যা}) + ১]}{\text{পোলের মোট সংখ্যা}}, \text{ অথবা}$$

$$\frac{২ [(\text{খাঁজের মোট সংখ্যা}) - ১]}{\text{পোলের মোট সংখ্যা}}।$$

এক্ষেত্রে ওয়াইণ্ডিং দুইহারা (duplex) হইবে, অর্থাৎ ইহাতে এক এক বারে অর্ধেক খাঁজে তার জড়াইয়া দুইবারে ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ করিতে হইবে, নচেৎ ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ হইবে না। সেইরূপ, কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের সংখ্যা খাঁজের সংখ্যার দেড়গুণ হইলে আর্মেচারে তিনহারা (triplex) ওয়াইণ্ডিং হইবে, ইত্যাদি।

নিম্নে যে উদাহরণটি দেওয়া হইল তাহাতে একটি একহারা ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের বিভিন্ন পিচের হিসাব, সংযোগের তালিকা ও ডেভেলপ্‌ড্ ডায়াগ্রাম দেখানো হইয়াছে।

উদাহরণ ১-২। একটি ৪-পোলের আর্মেচারে ২২টি খাঁজ আছে। উহাতে একটি এক-হারা ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং হইবে। এই ওয়াইণ্ডিংয়ের পিচ নির্ণয় করিয়া সংযোগের একটি তালিকা প্রস্তুত কর, আর একটি পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহাতে কয়েলের সংযোগ, পোল, কম্যুটেটার ও ব্রাশের অবস্থান, এবং প্রতিটি পরিবাহীতে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ স্পষ্ট করিয়া দেখাও।

যেহেতু একহারা ওয়াইণ্ডিংয়ের প্রতি খাঁজে একটি করিয়া পরিবাহী থাকে, অতএব এই ওয়াইণ্ডিংয়ে পরিবাহীর মোট সংখ্যা ২২ আর কয়েলের মোট সংখ্যা ১১ হইবে, আর সেই সঙ্গে কম্যুটেটারেও ১১টি সেগ্‌মেণ্ট থাকিবে। এখন,

$$\text{ওয়াইণ্ডিংয়ের গড়-পড়তা পিচ } y = \frac{\text{খাঁজের মোট সংখ্যা} \pm ২}{\text{পোলের মোট সংখ্যা}}$$

$$= \frac{২২ \pm ২}{৪}$$

$$= ৬ \text{ অথবা } ৫।$$

যদি $y = ৬$ ধরা যায়, তবে পশ্চাতের পিচ $y_b = ৭$ আর সম্মুখের পিচ $y_f = ৫$ ধরা যাইতে পারে, কিংবা $y_b = ৫$ আর $y_f = ৭$, এইরূপও ধরা যায়। কিন্তু যদি $y = ৫$ ধরা যায়, তবে $y_b = y_f = y = ৫$ ধরিতে হইবে। মনে কর, ওয়াইণ্ডিংয়ের সবকয়টি পিচ $= ৫$ ধরা গেল। তাহা হইলে সংযোগের তালিকা নিম্নলিখিতরূপ হইবে। এখানে একটি কথা স্মরণ রাখা কর্তব্য যে, যেহেতু ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে কয়েলের সংযোগ আর্মেচারের পশ্চাৎ ও সম্মুখ উভয় দিকেই ক্রমাগত অগ্রসর হইতে থাকে, অতএব সংযোগের তালিকায় পিচের সংখ্যাকে ক্রমাগত যোগ করিয়াই যাইতে হয়।

সংযোগের তালিকা (Winding Table)

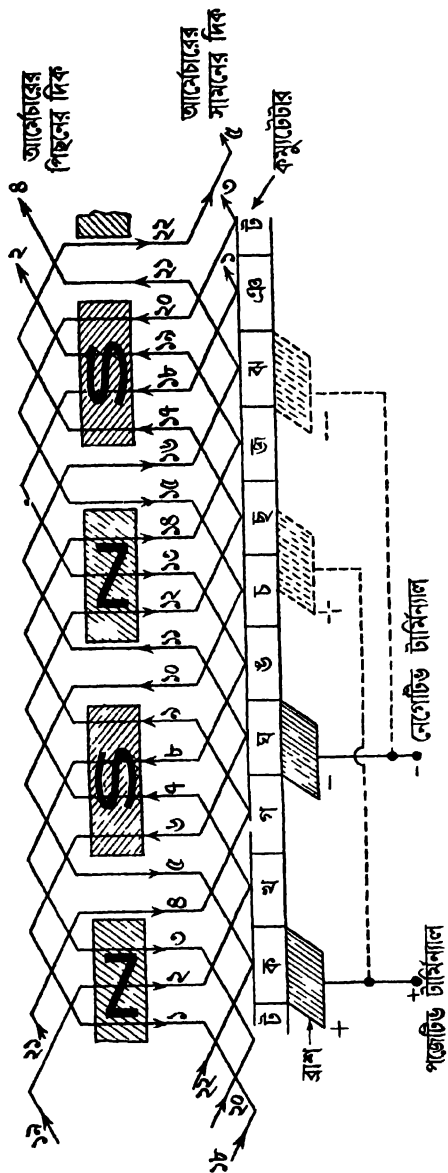
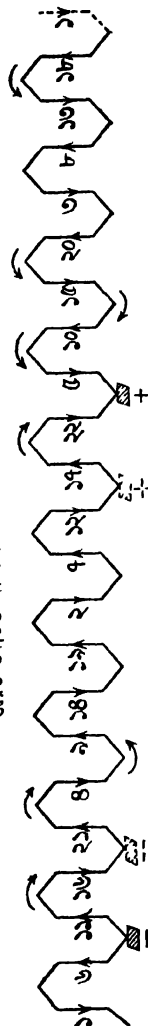
আর্মেচারের পশ্চাদ্দিকে	আর্মেচারের সম্মুখ দিকে
আর্মেচারের পশ্চাতের পিচ y_b = ৫	আর্মেচারের সম্মুখের পিচ y_f = ৫
১— ৬	৬—১১
১১—১৬	১৬—২১
২১— ৪	৪— ৯
৯— ১৪	১৪ —১৯
১৯ — ২	২— ৭
৭—১২	১২—১৭
১৭—২২	২২— ৫
৫—১০	১০—১৫
১৫—২০	২০— ৩
৩— ৮	৮—১৩
১৩—১৮	১৮— ১

মেসিনটিকে পোল ও আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিং-সুদ্ধ লম্বালম্বিভাবে চিরিয়া ছড়াইয়া দিলে যেরূপ দেখায়, ২১(ক)নং চিত্রে তাহাই দেখানো হইয়াছে। ইহাতে ১ হইতে ২২ পর্যন্ত খাঁজগুলি লাইনের আকারে চারিটি ফীল্ড-পোলের উপরে সারি সারি পাতা আছে। যদি এখানেও ধরিয়া লওয়া যায় যে, আর্মেচারের পরিধির শতকরা ৭০ ভাগ জায়গা পোলের সম্মুখে থাকিবে, তবে $\frac{২২ \times ০\cdot৭}{৪}$ = ৩.৮৫টি খাঁজ প্রত্যেক পোলের সম্মুখে, আর $\frac{২২ \times ০\cdot৩}{৪}$ = ১.৬৫টি খাঁজ দুই পোলের মাঝের প্রত্যেকটি ফাঁকে থাকিবে। এই হিসাব অনুসারেই পোলগুলি ১(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

এইবার সংযোগের তালিকা অনুযায়ী ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ কর। এই ওয়াইণ্ডিং করিতে হইলে পরিবাহী তারকে ১নং খাঁজ হইতে আর্মেচারের পশ্চাদ্দিক দিয়া ৬নং খাঁজে লইয়া যাইতে হইবে, এবং ঐ খাঁজের ভিতর দিয়া সম্মুখের দিকে আনিয়া ১নং আর ৬নং-এর মধ্যে যত পাক দরকার, তত পাকের কয়েল জড়াইতে হইবে। শেষ পাক জড়ানো হইয়া গেলে সম্মুখের দিকে কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের উপর ঝালাই করিবার জন্য একটি লুপ রাখিয়া দিয়া ১১নং খাঁজে যাইতে হইবে, আর পশ্চাদ্দিকে ১১নং খাঁজ হইতে তারকে ১৬নং খাঁজের মধ্যে আনিয়া প্রথম কয়েলের সমান পাক তার ঐ দুই খাঁজের মধ্যে জড়াইয়া, সম্মুখের দিকে একটি লুপ রাখিয়া, আবার ২১নং খাঁজে যাইতে হইবে। এইভাবে ওয়াইণ্ডিং অগ্রসর হইতে থাকিবে। পরে লুপগুলি একে একে নিকটতম কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের সহিত ঝালাই করিয়া দিলেই আর্মেচার জড়ানো সম্পূর্ণ হইবে।

২১ (ক) নং চিত্র

ওয়েভ-ওয়াউণ্ড আর্মেচারের ডেভেলপ্‌ড ডায়াগ্রাম

২১ (খ) নং চিত্র

২১(ক)নং চিত্রের মর্মার্থ বুঝিবার নক্সা (Key diagram)

এখন মনে কর আর্মেচার দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে, আর কোন এক সময়ে খাঁজ ও পোলের অবস্থান ২১(ক)নং চিত্রের ন্যায় রহিয়াছে। এইবার প্রত্যেক পরিবাহীতে ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত নিয়ম প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে ১, ২, ৩, আর ১২, ১৩, ১৪—

এই পরিবাহীগুলি উত্তর মেরুর সম্মুখে অবস্থিত বলিয়া উহাদের মধ্যে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইতেছে তাহার অভিমুখ কম্যুটেটারের দিকে, আর ৬, ৭, ৮, ৯, এবং ১৭, ১৮, ১৯, ২০—এই পরিবাহীগুলি দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে অবস্থিত বলিয়া উহাদের মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ আর্মেচারের পশ্চাতের দিকে রহিয়াছে। কিন্তু ৪, ৫, ১০, ১৫, ১৬ ও ২১নং পরিবাহী দুই পোলের ফাঁকে অবস্থিত থাকায় উহাদের মধ্যে কোন তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইবে না। তাহা ছাড়া ১১নং ও ২২নং পরিবাহী দুইটিও উত্তর মেরুর সীমারেখায় থাকার দরুন কোন চুম্বক-রেখা ছেদন করিবে না। অতএব এই দুই পরিবাহীতেও কোন তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইবে না।

এইবার ওয়াইণ্ডিংয়ের মর্মার্থ বুঝিবার নক্সা অঙ্কন করিয়া প্রত্যেকটি পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ তাহাতে সন্নিবেশ করিলে দেখা যাইবে যে, ৬নং পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপ ও সেই সঙ্গে তড়িৎ-প্রবাহ নীচ হইতে উপরের দিকে উঠিতেছে, আর ৯নং পরিবাহীতেও তড়িৎ ঐ একই দিকে প্রবাহিত হইতেছে। এই দুই পরিবাহীর মধ্যে অবস্থিত ১১, ১৬, ২১ আর ৪নং পরিবাহীতে কোন তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন না হওয়াতে উহাদের মধ্য দিয়া তড়িৎ যে-কোন দিকেই প্রবাহিত হইতে পারে। সুতরাং ৬নং আর ৯নং পরিবাহীদ্বয়ে তড়িৎ বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতেছে বলিয়া ৬নং পরিবাহী যে কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের সহিত ঝালা আছে, সেই 'ঘ'-চিহ্নিত সেগ্‌মেণ্টের উপর একটি ব্রাশ বসিবে, এবং তাহা একটি নেগেটিভ ব্রাশ হইবে। আবার ১৭নং পরিবাহীতে উপরের দিকে যে তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে তাহার অভিমুখ অনুসারে ২২, ৫, ১০ ও ১৫নং পরিবাহী হইয়া ডান দিকে অগ্রসর হইলে দেখা যাইবে ২০নং পরিবাহীতেও তড়িৎ উপরের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। সুতরাং এই দুই তড়িৎ-প্রবাহের বাহিরে যাইবার জন্য একটি পথ থাকা দরকার, আর সেইজন্য ১৭নং-এর যত কাছে পাওয়া যায় কম্যুটেটারের দিকে একটি ব্রাশ বসাইতে হইবে। তাই ২২নং ও ৫নং পরিবাহীদ্বয়ের সংযোগস্থল, অর্থাৎ 'ক'-চিহ্নিত কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের উপর আর একটি ব্রাশ বসানো হইয়াছে, এবং ইহা একটি পজিটিভ ব্রাশ। এখন, ব্রাশ দুইটির অবস্থান ভাল করিয়া লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, একটি ব্রাশ উত্তর মেরুর সম্মুখে আর অন্যটি তাহার পাশের দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে রহিয়াছে। এদিকে মেসিনে চারিটি পোল থাকায় ব্রাশ দুইটির মধ্যে ব্যবধান ৯০ ডিগ্রী হইবে। সুতরাং এক্ষেত্রে পোলের সংখ্যা চার হইলেও দুইটি ব্রাশেই কাজ চলিবে। ২১(খ)নং চিত্র হইতে ইহাও দেখা যাইবে যে, এই প্রকার ওয়াইণ্ডিংয়ে সমস্ত আর্মেচারের মধ্যে মাত্র দুইটি প্যার্যালেল-রাস্তা রহিয়াছে,—একটি রাস্তায় তড়িৎ বাঁ দিক হইতে ডান দিকে, আর অন্যটিতে তড়িৎ ডান দিক হইতে বাঁ দিকে প্রবাহিত হইতেছে ; আর এই দুই প্রবাহের সংযোগস্থলই দুই ব্রাশের জায়গা। অতএব মেসিনে চারিটি পোল থাকিলেও আর্মেচারে প্যার্যালেল-রাস্তার সংখ্যা কেবলমাত্র দুই হওয়াতে দুইটি ব্রাশই তড়িৎ-প্রবাহের পক্ষে যথেষ্ট বলিয়া ধরা যাইতে পারে। তবে ইচ্ছা করিলে দুইটির জায়গায় চারিটি ব্রাশও বসানো চলে। এই অতিরিক্ত ব্রাশ দুইটির অবস্থান ২১(ক)নং

চিত্রে ফুট্‌কি ফুট্‌কি লাইনের সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। সুতরাং একহারা ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে মেসিনে যতগুলি পোলই থাকুক না কেন, দুইটি ব্রাশ হইলেই কাজ চলিতে পারে। কিন্তু সেক্ষেত্রে প্রত্যেক ব্রাশ দিয়াই মেসিনের পূরা কারেণ্ট প্রবাহিত হয় বলিয়া ব্রাশকে অধিক চওড়া করিতে হইবে।

ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে ল্যাপ আর্মেচারের ন্যায় কম-চওড়া ব্রাশ ব্যবহার করিতে হইলে যতগুলি পোল ততগুলি ব্রাশ ব্যবহার করা প্রয়োজন। যদি তাহা করিতে হয় তবে বর্তমান উদাহরণে ৬নং ও ১১নং পরিবাহীর সংযোগস্থলে একটি, আর ১৬নং ও ২১নং পরিবাহীর সংযোগস্থলে একটি—এই দুইটি নেগেটিভ ব্রাশ, এবং ১২নং ও ১৭নং পরিবাহীর সংযোগস্থলে একটি, আর ২২নং ও ৫নং পরিবাহীর সংযোগস্থলে একটি—এই দুইটি পজিটিভ ব্রাশ ব্যবহার করিতে হইবে। ইহাতেও মেসিন ঠিক চলিবে, কারণ ১১নং আর ১৬নং পরিবাহীতে কোন তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইতেছে না বলিয়া ৬-১১ পরিবাহীর আর ১৬-২১ পরিবাহীর সংযোগস্থলের মধ্যে তড়িৎ-চাপ হিসাবে কোন তফাৎ নাই। সেইরূপ, ২২-৫ পরিবাহীর আর ১২-১৭ পরিবাহীর সংযোগস্থল তড়িৎ-চাপ হিসাবে একই। সুতরাং ঐ সকল বিন্দুতে দুইটি নেগেটিভ ও দুইটি পজিটিভ ব্রাশ বসাইয়া, উভয় পজিটিভকে একত্রে আর উভয় নেগেটিভকে একত্রে সংযুক্ত করিয়া, একটি পজিটিভ লাইন ও একটি নেগেটিভ লাইন বাহির করাও চলিতে পারে। কিন্তু ২২ সংখ্যাকে সমান চারি ভাগ করা যায় না বলিয়া একটি নেগেটিভ ব্রাশ পাশাপাশি দুইটি কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টে ঠেকিয়া থাকিবে, উহা এড়াইবার কোন উপায় নাই।

ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যদি বহুহারা হয়, তবে আর্মেচারে যে-কয়টি ওয়াইণ্ডিং থাকিবে তাহার দ্বিগুণ সংখ্যক প্যারালেল-রাস্তার সৃষ্টি হইবে। যেমন, আর্মেচারে m-সংখ্যক ওয়াইণ্ডিং থাকিলে প্যারালেল্-রাস্তার সংখ্যা ২m হইবে, অর্থাৎ দুইহারা ওয়াইণ্ডিংয়ে প্যারালেল-রাস্তার সংখ্যা ৪, তিনহারা ওয়াইণ্ডিংয়ে ৬—এইরূপ হইবে।

(৩) কম্যুটেটারের উপর ব্রাশের অবস্থান (Position of Brushes on the Commutator)

ব্রাশের মধ্য দিয়াই তড়িৎ-প্রবাহ মেসিন হইতে বাহিরের বর্তনীতে যায়, আবার ব্রাশের মধ্য দিয়াই তাহা মেসিনে ফিরিয়া আসে। ব্রাশ কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের উপর চাপিয়া বসানো থাকে, আর কম্যুটেটারের সহিত আর্মেচারের পরিবাহীসমূহ সংযুক্ত থাকে। সুতরাং ব্রাশের সহিত পরিবাহীরই প্রধান সম্পর্ক। ব্রাশ এমন কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের উপর বসাইতে হয় যাহাতে ঐ সেগ্‌মেণ্টের সহিত ঝালাই করা পরিবাহীতে কোন তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট না থাকে, নইলে কম্যুটেটারে আগুন (spark) দেখা দেয়। যে পরিবাহী চুম্বক বলরেখা ছেদ করে, তাহাতেই তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। যে পরিবাহী কোনই বলরেখা ছেদ করিতেছে না, তাহার সহিত ঝালাই করা কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের উপরই ব্রাশ বসাইবার উপযুক্ত জায়গা। শুধু সেই পরিবাহীই কোন চুম্বক-রেখা ছেদ করে না

যাহা পাশাপাশি অবস্থিত দুই পোলের ঠিক মাঝখানে অবস্থান করে, অর্থাৎ দুই পোলের মাঝখান দিয়া মনে মনে একটি অক্ষরেখা টানিলে তাহার সহিত লম্বভাবে অবস্থিত যে পরিবাহী. শুধু তাহাতেই সেই সময়ে কোন তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় না। ইহার কারণ এই যে, শুধু ঐখানেই পরিবাহীর সাময়িক গতি চুম্বক রেখা-প্রবাহের সমান্তরাল হয়। সেইজন্য পাশাপাশি অবস্থিত দুই দুই পোলের মাঝখান ভেদ করিয়া যে মধ্যরেখা (central line), তাহার সহিত লম্বভাবে ব্রাশগুলি বসানো থাকে। এই মধ্যরেখাকে ইংরাজিতে **"জিয়োমেট্রিক্যাল নিউট্র্যাল অ্যাক্সিস" (Geometrical Neutral Axis)** বলে। বাংলায় ইহাকে "জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ" বলা যাইতে পারে। মেসিনের কোন একটি পোলের দুই পাশে এইরূপ যে দুইটি উদাসীন অক্ষ কল্পনা করা হয়, তাহাদের মধ্যবর্তী আর্মেচারের উপবিভাগের অংশটি ঐ পোলের চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত।

(৪) ল্যাপ ও ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্যবহার (Uses of Lap and Wave Windings)

সাধারণ একটি ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে কেবলমাত্র দুইটি প্যারিয়্যালেল-সার্কিট বা বাস্তা থাকে বলিয়া, কয়েলের সংখ্যা সমান হইলেও, এই ওয়াইণ্ডিংয়ে ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং অপেক্ষা অধিক সংখ্যক পরিবাহী সিরিজে প্রতিটি সারকিটেই সংযুক্ত থাকে। তাই যে-সকল মেসিনের সাহায্যে অপেক্ষাকৃত অধিক ভোল্টেজে অল্প পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন করা প্রয়োজন, তাহাদের পক্ষে এই ওয়াইণ্ডিং বিশেষ উপযোগী। এই সকল মেসিনে ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং ব্যবহার করিতে গেলে পরিবাহীর সংখ্যা বৃদ্ধি করিতে হয়। ইহাতে ওয়াইণ্ডিং করিবার খরচ বৃদ্ধি পায় আর সেই সঙ্গে মেসিনের কর্মক্ষমতারও অবনতি ঘটে।

ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের আর একটি বিশেষ সুবিধা এই যে, উহার প্রতিটি সারকিট মেসিনের সবকয়টি পোলের নীচ দিয়া একবার করিয়া ঘুরিয়া আসে। তাই পোল-গুলির মধ্যে চুম্বক রেখা-প্রবাহের প্রখরত্ব কিছু কম-বেশী হইলে সকল সারকিটেই তাহার প্রভাব সমানভাবে পড়ে। সেইজন্যই এই ওয়াইণ্ডিংয়ে ইকোয়্যালাইজার ব্যবহার করার প্রয়োজন হয় না।

রেলওয়েতে দুইটি ব্রাশ-সেট লইয়া গঠিত যে সকল মোটর ব্যবহার করা হয়, তাহাদের আর্মেচারেই ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্যবহার সর্বাপেক্ষা বেশী দেখা যায়।

কিন্তু যে-সকল কাজে অপেক্ষাকৃত কম ভোল্টেজে অধিক পরিমাণ কারেণ্ট ও অধিক পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়, সেই সকল কাজে ব্যবহৃত মেসিনসমূহের পক্ষে ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংই অধিকতর উপযোগী। বিশেষতঃ বড় বড় মেসিনের সাহায্যে যেখানে প্রচুর পরিমাণ কারেণ্ট উৎপন্ন করা প্রয়োজন, সেখানে ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্যবহার একান্তভাবে অপরিহার্য। এই ওয়াইণ্ডিংয়ে অধিক সংখ্যক প্যার্যালেল-সারকিট পাওয়া যায় বলিয়া উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহের মোট পরিমাণ বেশী হইলেও

প্রতি রাস্তায় কারেণ্ট কম রাখা চলে ; ফলে চলিবার সময় মেসিন কম গরম হয়, আর আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের ঘাটতিও অপেক্ষাকৃত কম হইয়া থাকে।

(৫) ল্যাপ ও ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের মধ্যে পার্থক্য (Differences between Lap and Wave Windings)

ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং	ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং
১। পরিবাহীর সংযোগ আর্মেচারের পশ্চাদদিকে আগাইয়া যায়, কিন্তু সম্মুখ দিকে পিছাইয়া আসে।	১। পরিবাহীর সংযোগ আর্মেচারের পশ্চাৎ ও সম্মুখ, উভয় দিকেই ক্রমাগত অগ্রসর হইতে থাকে।
২। পশ্চাতের পিচ কখনই সম্মুখের পিচের সমান হইতে পারে না, বড় কিংবা ছোট হয়।	২। প্রয়োজনবোধে পশ্চাতের পিচকে সম্মুখের পিচের সমান করাও চলে।
৩। একটি সাধারণ একহারা ওয়াইণ্ডিংয়ে প্যারালেল সারকিটের সংখ্যা পোলের সংখ্যার সমান থাকে। বহুহারা ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে প্যারালেল-সারকিট বা রাস্তার সংখ্যা ওয়াইণ্ডিংয়ের সংখ্যা ও পোলের সংখ্যা, এই উভয়ের গুণফলের সমান হয়।	৩। একটি সাধারণ একহারা ওয়াইণ্ডিংয়ে প্যারালেল-সারকিটের সংখ্যা সর্বদাই দুই থাকে। বহুহারা ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে প্যারালেল-রাস্তার সংখ্যা ওয়াইণ্ডিংয়ের সংখ্যার দ্বিগুণ হয়।
৪। যে-কোন জোড় সংখ্যক পরিবাহীর সাহায্যে একটি একহারা ওয়াইণ্ডিং করা যায়।	৪। যে-কোন জোড় সংখ্যক পরিবাহীর সাহায্যে ওয়াইণ্ডিং করা চলে না। একহারা ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে গড়-পড়তা পিচ $= \dfrac{\text{খাঁজের মোট সংখ্যা} \pm 2}{\text{পোলের মোট সংখ্যা}}$ হওয়া আবশ্যক।
৫। বিভিন্ন প্যারালেল-রাস্তার মধ্যে তড়িৎ-চাপের সমতা বজায় রাখার জন্য আর্মেচারের পশ্চাদদিকে কয়েলের সহিত ঈকোয়্যালাইজার সংযোগ করার প্রয়োজন হয়।	৫। আর্মেচার কয়েলের সহিত ঈকোয়্যালাইজার সংযোগ করার প্রয়োজন হয় না।
৬। মেসিনে যতগুলি পোল থাকে, কম্যুটেটারের উপর ততগুলি ব্রাশ বসাইতে হয়।	৬। মেসিনে যতগুলি পোল থাকে, কম্যুটেটারের উপর ততগুলি ব্রাশও থাকিতে পারে, আবার কেবলমাত্র দুইটি ব্রাশের সাহায্যেও কাজ চলিতে পারে।
৭। অপেক্ষাকৃত কম ভোল্টেজে বেশী কারেণ্ট উৎপন্ন হয়।	৭। অপেক্ষাকৃত বেশী ভোল্টেজে কম কারেণ্ট উৎপন্ন হয়।

১-৫। ডি. সি. জেনারেটারে কম্যুটেটারের গঠন (Construction of Commutator in a D. C. Generator)

(১) কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্ট (Commutator-Segments)

কম্যুটেটারে ব্যবহারের জন্য তামার সেগ্‌মেণ্ট বা খণ্ড অনেক প্রকারে তৈরী করা যাইতে পারে। দুইটি দুইটি সেগ্‌মেণ্টের মাঝে একখানি করিয়া অভ্রের (mica) পাত দিয়া কম্যুটেটার তৈরী হয়। সেগ্‌মেণ্টগুলি সূক্ষ্মাগ্র (tapering)। প্রথমে বিশুদ্ধ কড়া তামার (pure hard drawn copper) রডকে গরম করিয়া হাতুড়ি দিয়া পিটাইয়া দরকারমত মোটামুটি চওড়া আর সূক্ষ্মাগ্র করিয়া লওয়া হয়, পরে উকো (file) দিয়া ঘষিলে বা মিলিং মেসিনে পরিষ্কার করিয়া লইলে উহা একেবারে মসৃণ আর সমান হইয়া যায়। তখন এই রডকে প্রয়োজন অপেক্ষা একটু বেশী লম্বা রাখিয়া টুক্‌রা টুকরা করিয়া কাটিয়া লওয়া হয়, আর ঐ আকারে অভ্রের টুকরাগুলিও ছাঁচ দিয়া কাটা হয়। অভ্রের টুকরাগুলি সব এক রকম মোটা হওয়া প্রয়োজন। সাধারণতঃ প্রতিটি টুক্‌রা প্রায় $\frac{1}{32}$ ইঞ্চি মোটা থাকে। ইহার পর সূক্ষ্মাগ্র তামার টুক্‌রাগুলিকে কম্যুটেটারের আকারে সাজাইয়া রবারের ফালি (rubber band) দিয়া বাঁধা হয়, আর দুই দুই টুকরার মাঝখানে একটি করিয়া অভ্রের টুকরা পরাইয়া দেওয়া হয়।

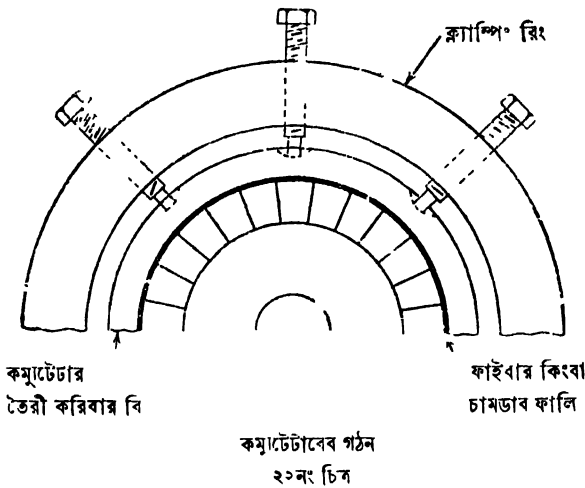
(২) অভ্রের ইনস্যুলেশন বা অন্তরণ (Mica Insulation)

অভ্র অনেক রকমের আছে। বিভিন্ন রকম অভ্রের গুণও বিভিন্ন প্রকার। কোনও অভ্র ধব্‌ধবে সাদা, কোনটায় সবুজ রঙের আভা, আবার কোনটা বা পাঁশুটে রঙের। ইনস্যুলেশনের কাজে সাদা অভ্রই শ্রেষ্ঠ, কিন্তু ইহার এক দোষ এই যে, অতিশয় কড়া বলিয়া বেশী চাপ লাগিলে সাদা অভ্র ভাঙিয়া যায়। আমেরিকা আর আমাদের এই দেশে যথেষ্ট অভ্র পাওয়া যায়। দেশী অভ্র অতিশয় কড়া বলিয়া বেশী চাপ সহ্য করিতে পারে না। সেইজন্য এই অভ্র সেগ্‌মেণ্টের মাঝের অন্তরণ হিসাবে ব্যবহৃত হয় না, ইহার দ্বারা পাশের রিংগুলি তৈরী হয়। সেগ্‌মেণ্টের মাঝে অন্তরণ হিসাবে পাঁশুটে রঙের বা সবুজে রঙের অভ্র ব্যবহার করা হয়, কারণ এইগুলি অপেক্ষাকৃত নরম বলিয়া বেশী চাপ সহ্য করিতে পারে। এই অভ্রের টুকরাগুলি যাহাতে সকল জায়গায় সমান চওড়া হয়, সেই বিষয়ে লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন। তাই বড় বড় কম্যুটেটার তৈরী করিবার সময় মিলিং মেসিনের সাহায্যে এই টুকরাগুলিকে অনেক সময় সমান করিয়া লওয়া হয়।

(৩) কম্যুটেটারের গঠন (Construction of Commutator)

কম্যুটেটারের ভিতরে যত বড় ছিদ্র থাকে, সেইমত ব্যাসের একটি রড (rod) লইয়া তাহার উপরে একটি একটি করিয়া সেগ্‌মেণ্ট বসাইয়া রবারের ফালি দিয়া বাঁধা হয়। ইহার পর দুইটি দুইটি সেগ্‌মেণ্টের মধ্যে একটি করিয়া অভ্রের টুক্‌রা ঢুকাইয়া

দেওয়া হয়। পরে কম্যুটেটার তৈরী করিবার রিংয়ের উপর ঐ সেগ্‌মেণ্টের টুকরাগুলি সাজাইয়া, আর তাহাদের উপরে পাতলা ফাইবার (fibre sheet) অথবা চামড়ার একটি ফালি বিছাইয়া দিয়া, স্ক্রু-ওয়ালা ক্ল্যাম্পিং রিং (clamping ring) পরাইয়া সমান করিয়া স্ক্রু আঁটিতে হয় (২২নং চিত্র)। আঁটিবার সময় সবগুলি স্ক্রু একটু একটু করিয়া ঠিক একই পরিমাণে কষিতে হয়।

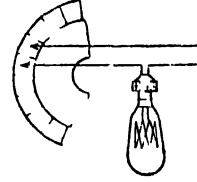
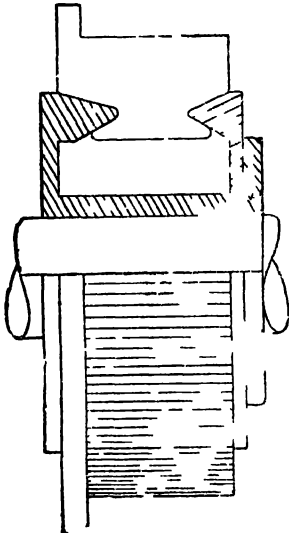
কম্যুটেটারের গঠন
২২নং চিত্র

স্ক্রু কষিবার সময় কোনটা কম বা বেশী হইলে কম্যুটেটার ঠিকমত গোল হয় না ; সেইজন্য স্ক্রু আঁটিবার সময় বিশেষ সাবধান হওয়া দরকার। যাহাতে সব স্ক্রুগুলিই ঠিক সমান করিয়া আঁটা হয়, সেইজন্য মাঝে মাঝে মাপিয়া দেখা উচিত। ক্ল্যাম্পিং রিং আর কম্যুটেটার তৈরী করিবার রিং, উভয়কেই লেদে টার্ণ করিয়া লওয়ার দরকার হয়। এক-একবার স্ক্রুগুলি সিকি পাক, অথবা এক পাকের আট ভাগের এক ভাগ, করিয়া ঘুরানোই ভাল। যখন এইভাবে স্ক্রুগুলি আটা হইতে থাকে, তখন কম্যুটেটারকে গরম করিয়া লইতে হয়। গরম করিবার তাপ প্রায় ১৫০ ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড পর্যন্ত দেওয়া যাইতে পারে। যাহাতে অভ্রের অস্তরণগুলি সেগ্‌মেণ্টের গায়ে বেশ ভাল করিয়া আঁটিয়া ধরে, সেইজন্য অভ্রের গায়ে গালা আর "কোপ্যাল ভার্ণিশ" মাখিয়া লইলে ভাল হয়। গরম করিলে ইহা হইতে জলীয় ভাগ বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায়, তখন তামার সেগ্‌মেণ্টের গায়ে অভ্র খুব শক্ত করিয়া আঁটিয়া ধরে।

কম্যুটেটারকে আস্তে আস্তে গরম করা অতিশয় প্রয়োজন ; কেননা, তাড়াতাড়ি গরম করিলে তামা আর লোহার ভিতরের দিকটায় আর্দ্রতা জমিয়া যায়, আর ভার্ণিশ তাহা টানিয়া লয়। ফলে আর্দ্রতা ভিতরেই থাকিয়া যায়। আর যদি কোন প্রকারে সামান্য তেল সেখানে ঢুকিতে পায়, তবে উহা অভ্রের অস্তরণের যথেষ্ট ক্ষতি করে।

কম্যুটেটার গরম করিবার সঙ্গে সঙ্গে একটু একটু করিয়া স্ক্রু আঁটা চলিতে থাকে। যখন আর স্ক্রু আঁটা যায় না, তখন কম্যুটেটারের দুই পাশের V-এর আকারের খাঁজ দুইটি আর ভিতরের ছিদ্রটি লেদে তুলিয়া কাটিয়া লওয়া হয়। পরে বৈদ্যুতিক বাতি বা ঘণ্টার সাহায্যে পরীক্ষা করা যায় দেখা হয় কম্যুটেটারের কোন সেগ্‌মেণ্টের সহিত অন্য কোন সেগ্‌মেণ্ট ঠেকিয়া গিয়াছে কিনা, অর্থাৎ দুই সেগ্‌মেণ্টের মধ্যে সর্ট-সার্কিট হইয়াছে কিনা (২৩নং চিত্র)। যদি পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি সেগ্‌মেণ্টের গায়ে বৈদ্যুতিক বাতি কিংবা ঘণ্টার তার স্পর্শ করিলে বাতি জ্বলে কিংবা ঘণ্টা বাজিয়া উঠে তবে বুঝিতে হইবে যে উহাতে সর্ট-সার্কিট আছে। আর যদি বাতি না জ্বলে কিংবা ঘণ্টা না বাজে, তবে বুঝিতে হইবে যে সেই দুইটি সেগ্‌মেণ্টের মধ্যে সর্ট সার্কিট নাই। এইভাবে একে একে সমস্ত সেগমেণ্টগুলি পরীক্ষা করিয়া যখন দেখা যায় যে, তাহাদের কাহারও মধ্যে সর্ট সার্কিট নাই, তখন কম্যুটেটারের দুই পাশে প্রথমে দুইখানি অভ্রের রিং দিয়া পরে দুইখানি লোহার রিং প্যাঁচ কষিয়া আঁটিয়া দেওয়া হয়। যে বুশের উপরে কম্যুটেটারের সেগমেণ্টগুলি বসে, অনেক সময় তাহার একদিকে একটি ফ্ল্যাঞ্জ (flange) তাহারই সঙ্গে তৈরী করা থাকে। তখন কেবলমাত্র অন্যপাশে একখানি রিং দিলেই চলে।

ইলেকট্রিক বাতির সাহায্যে কম্যুটেটারের পরীক্ষা: বাতি জ্বলিলে বুঝিতে হইবে সর্ট-সার্কিট আছে

২৩নং চিত্র

কম্যুটেটারের উপরে ক্ল্যাম্পিং রিং থাকা সত্ত্বেও যাহাতে সর্ট সার্কিট পরীক্ষা করা সম্ভব হয় সেইজন্যই সেগ্‌মেণ্টগুলির উপরে পাতলা চামড়া বা ফাইবারের ফালি পাকাইয়া দিতে হয়। এই রকম না করিলে রিংগুলি থাকা অবস্থায় সেগমেণ্টগুলি পরীক্ষা করিবার উপায় থাকে না। পাশের রিং ভাল করিয়া আঁটা হইয়া গেলে ক্ল্যাম্পিং রিং আর কম্যুটেটার তৈরী করিবার রিং দুইটি খুলিয়া লওয়া হয়। সবশেষে কম্যুটেটারকে আর্মেচার শাফটের উপর বসাইয়া, যখন আর্মেচার কোর টার্ণ করা হয়, তখন উহার সহিত কম্যুটেটারের উপরিভাগও (অর্থাৎ যেখানে ব্রাশ বসে) টার্ণ করিয়া পরিষ্কার করা হয়। পরে সাদা শিরিস কাগজ দিয়া মাজিয়া দিলেই কম্যুটেটার তৈরী সম্পূর্ণ হয়। একটি সম্পূর্ণ কম্যুটেটারের কর্তিত অংশ ২৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

কম্যুটেটারের কর্তিত ছবি
(Sectional view)
২৪নং চিত্র

চলিতে চলিতে কম্যুটেটারের উপরটা অসমান কিংবা উচ্চখুচ্চ হইয়া গেলে, লেদে

তুলিয়া উহাকে কাটিয়া সমান করিয়া লইতে হয়। এই রকম করিয়া বার বার কাটিতে কাটিতে ক্রমেই কম্যুটেটার পাতলা হইয়া আসে, আর অবশেষে গরম হইতে আরম্ভ করে। এই অবস্থায় কম্যুটেটারকে বদলাইয়া ফেলিতে হয়। কম্যুটেটারকে কাটিয়া কতটা পাতলা করা যায় তাহা বুঝাইবার জন্য কোন একটি কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের পাশে একটি ছোট বিঁদ কিংবা কম্যুটেটারের পাশে একটি বৃত্ত কাটা থাকা উচিত। কাটিতে কাটিতে ততদূর পর্যন্ত আসিলে কম্যুটেটারকে আর পাতলা করিতে নাই, করিলে কম্যুটেটার গরম হইবে।

সাধারণতঃ আর্মেচারের ব্যাস যত, কম্যুটেটারের ব্যাস তাহার শতকরা ৬৫ হইতে ৭৫ ভাগ পর্যন্ত হয়। এই ব্যাসের উর্দ্ধসীমা নিভর করে মেসিন মিনিটে যত পাক ঘোরে তাহার উপর। নিয়ম এই যে, কম্যুটেটারের পরিধি যত ফুট, যদি তাহাকে প্রতি মিনিটের পাকের সংখ্যা (r.p.m) দিয়া গুণ করা যায়, তবে সেই গুণফল যেন ২৫০০ অপেক্ষা বেশী না হয়। কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের সংখ্যা আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিংয়ের রকম (যেমন একহারা, দুইহারা ইত্যাদি) আর প্রতিটি প্যার্যালেল-রাস্তায় আবিষ্ট তড়িৎ চাপের পরিমাণ—এই দুইয়ের উপর নির্ভরশীল। প্রতি সেগ্‌মেণ্টে তড়িৎ-চাপ যেন ১০ হইতে ১৫ ভোল্টের অধিক না হয়। প্রতিটি সেগ্‌মেণ্ট মোটামুটি ¼ ইঞ্চি চওড়া হওয়া আবশ্যক, নইলে মজবুত হয় না। আবার চলিতে চলিতে কম্যুটেটার উষ্কখুষ্ক হইয়া যায় বলিয়া উহাকে যে মাঝে মাঝে টার্ণ করিয়া লইতে হয়, সেইজন্য সেগ্‌মেণ্টের 'দল' (depth) অন্ততঃ ⅝ ইঞ্চি হওয়া প্রয়োজন। সচরাচর কম্যুটেটার টার্ণ করিবার জন্য ১ ইঞ্চি 'দল'-ই রাখা হয়।

কম্যুটেটারের উপরে ব্রাশ চাপিয়া বসানো থাকিবে, ব্রাশের দুইধারে একটু করিয়া জায়গা থাকিবে, আর আর্মেচার ঘুরিবার সময় লম্বালম্বি একটু 'খেল্‌তা' (axial play or end-play) থাকিবে, এই সকল হিসাব করিয়া কম্যুটেটারের অক্ষীয় দৈর্ঘ (axial length) ঠিক করা হয়। ব্রাশের দুইধারে কতটা জায়গা থাকিবে, তাহার কোন নির্দিষ্ট হিসাব নাই। মোটামুটি ½ ইঞ্চি থাকিলেই যথেষ্ট; ছোট মেসিনে ইহা অপেক্ষা কম থাকিলেও চলে। তবে খেল্‌তা সাধারণতঃ ⅟₁₆ ইঞ্চি হইতে ½ ইঞ্চি পর্যন্ত দেওয়া থাকে, আর ইহা অতিশয় প্রয়োজনীয়। কারণ মেসিন যখন চলিতে থাকে, তখন ব্রাশের সহিত অনবরত ঘর্ষণের ফলে কম্যুটেটারের মাঝখানে ক্ষয় পাওয়ার দরুন গর্ত হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। আর্মেচার যদি লম্বালম্বি দিকে একটু খেল্‌তা পায়, তবে এই ক্ষয় কম্যুটেটারের উপরিভাগে সব জায়গা জুড়িয়া সমানভাবে হয়; তখন কেবল মাঝখানটি ক্ষয় পাইয়া কোন গর্তের সৃষ্টি করে না।

কম্যুটেটার হইতে উৎপন্ন তাপ কি পরিমাণে বিকীর্ণ হইবে, তাহা কতকটা উহার অক্ষীয় দৈর্ঘের উপর নির্ভর করে। সমস্ত হিসাবের পর দেখিতে হয় কম্যুটেটার একাদিক্রমে পুরা লোড লইয়া চলিলে অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিতে পারে কি না। আর্মেচারের মত এক্ষেত্রেও পিচ যত বেশী হয়, কম্যুটেটার ততই কম গরম হয়।

(৪) কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্টের 'রাইজার' (Risers of the Commutator Segments)

কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্টের যে উঁচু অংশের উপর আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিংয়ের লুপ ঝালাই করা থাকে, তাহার নাম 'রাইজার' (riser)। ছোট মেসিনে সেগ্‌মেন্টের সঙ্গে একই চাদর হইতে রাইজার কাটিয়া বাহির করা হয়, কিন্তু মেসিন বড় হইলে ঐখানে অন্য একটি টুক্‌রা জুড়িয়া দিতে হয়। শাফ্‌ট্ হইতে আর্মেচারের লুপ যতটা উঁচুতে থাকে, রাইজারের উচ্চতাও ততটা হওয়া প্রয়োজন, নইলে বড় মেসিনের পরিবাহীকে বাঁকাইয়া রাইজারের সহিত ঝালাই করিতে অসুবিধা হয়। তবে ছোট মেসিনের ক্ষেত্রে ইহার উচ্চতা সম্বন্ধে কোন বাঁধা-ধরা নিয়ম নাই।

১-৬। ডি. সি আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ (E. M. F. Induced in D. C. Armatures)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, যখন একটি পরিবাহী কোন চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে বৃত্তাকারে ঘুরিতে থাকে, তখন বলরেখা ছেদন করিবার জন্য উহাতে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় তাহার পরিমাণ

$$e = B\, l\, v$$ ভোল্ট [উপক্রমণিকা (০-৪)]।

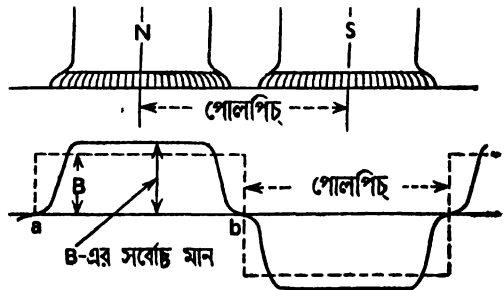
মেসিনটি যদি একটি জেনারেটার হয়, তবে

B-দ্বারা উহার প্রতি পোলের চুম্বক রেখা-প্রবাহের গড়-পড়তা ঘনত্ব বুঝানো হয় (২৫নং চিত্র)। ফীল্ডের প্রতি বর্গমিটার আয়তনের মধ্যে যত ওয়েবার বলরেখা পাওয়া যায়, ইহার মান তত ওয়েবার (weber per square metre) হইবে,

l-দ্বারা বুঝানো হয় আর্মেচারের প্রতিটি পরিবাহীর কার্যকরী দৈর্ঘ (অর্থাৎ দৈর্ঘের যতটা অংশ বলরেখা কর্তন করে), ইহার একক মিটার (metre) হইবে,

আর v-দ্বারা বুঝানো হয় আর্মেচারের গতিবেগের হার (velocity), অর্থাৎ আর্মেচার যে গতিবেগে ঘোরে, সেই গতিবেগে যদি উহা কোন রাস্তায় সোজাসুজি চলিত, তবে প্রতি সেকেণ্ডে উহা যত মিটার দূরত্ব অতিক্রম করিতে পারিত v-এর মান তত মিটার হইবে (metre per second)।

২৫নং চিত্র

২৫নং চিত্রে একটি জেনারেটারের পোল-পিচ ab-দ্বারা দেখানো হইয়াছে। মনে কর এই পোল-পিচের দূরত্ব ab মিটার, আর এই দূরত্ব অতিক্রম করিতে আর্মেচারের

't' সেকেণ্ড সময়ের প্রয়োজন হয়। এখন, যেহেতু ডি. সি. আর্মেচারকে সর্বদাই এক নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরানো হয়, অতএব

$$v=\frac{ab}{t} \text{ মিটার (প্রতি সেকেণ্ড)}$$

হইবে, আর $e=Bl\frac{(ab)}{t}$ ভোল্ট

হইবে। যদি প্রত্যেক পোলে উৎপন্ন চুম্বক বলরেখার মোট সংখ্যাকে ϕ-দ্বারা নির্দেশ করা যায়, তবে

$$\phi=Bl(ab) \text{ ওয়েবার}$$

হইবে (কারণ $l\times ab$ = প্রতি পোলের দ্বারা উৎপন্ন চুম্বক-ক্ষেত্রের আয়তন এবং B = রেখা-প্রবাহের ঘনত্ব, আর যে-কোন চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার মোট সংখ্যা উহার আয়তন ও রেখা-প্রবাহের ঘনত্বের গুণফলের সমান)। সুতরাং

$$e=\frac{\phi}{t} \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। এখন মনে কর, আর্মেচার প্রতি মিনিটে যত পাক ঘোরে তাহার সংখ্যা 'N' (r. p. m.)। অতএব এক পাক ঘুরিতে আর্মেচারের $\frac{১}{N}$ মিনিট বা $\frac{৬০}{N}$ সেকেণ্ড সময় প্রয়োজন হইবে, আর এক পাক ঘুরিলেই আর্মেচার মেসিনের সবকয়টি পোলকে একবার প্রদক্ষিণ করিয়া আসিতে পারিবে। সুতরাং মেসিনে যদি 'p'-সংখ্যক পোল থাকে, তবে এক পোল-পিচ দূরত্ব বা ab মিটার অতিক্রম করিতে আর্মেচারের $\frac{৬০}{Np}$ সেকেণ্ড সময় লাগিবে, অর্থাৎ

$$t=\frac{৬০}{Np} \text{ সেকেণ্ড, আর}$$

$$e=\frac{\phi}{\frac{৬০}{Np}}=\phi\,\frac{N}{৬০}.p. \text{ ভোল্ট}$$

হইবে।

এতক্ষণ আর্মেচারের একটিমাত্র পরিবাহীর কথা বলা হইয়াছে। কিন্তু যে-কোন আর্মেচারের খাঁজেই বহু সংখ্যক পরিবাহী বসানো থাকে। অতএব মনে কর, আর্মেচারের পরিবাহীর মোট সংখ্যা 'Z', আর আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিংয়ের প্যার্যালেল-রাস্তার মোট সংখ্যা 'A'। সুতরাং প্রতিটি রাস্তায় যতগুলি পরিবাহী সিরিজে সংযুক্ত থাকিবে, তাহাদের সংখ্যা $\frac{Z}{A}$ হইবে। এখন, আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের মোট পরিমাণ প্রতিটি প্যার্যালেল-রাস্তায় উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের সমান বলিয়া, এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$$E=e\times\frac{Z}{A} \text{ ভোল্ট}$$

হইবে, অর্থাৎ

$$E=\phi.\frac{N}{৬০}.P.\frac{Z}{A}=\frac{\phi ZNP}{৬০A} \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে $A=P$, আর ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে $A=২$ ধরিতে হইবে।

উদাহরণ ১-৩। কোন ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত ডাইনামোতে ৪টি পোল আছে, আর প্রতি পোলে ০·০৫ ওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয়। আর্মেচারে সর্বসমেত ৫৬০টি পরিবাহী আছে আর তাহা প্রতি মিনিটে ৯৬০ পাক ঘোরে। এই অবস্থায় ডাইনামো কত ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিবে ?

এখানে $\phi = ০\cdot০৫$ ওয়েবার

$Z = ৫৬০$

$N = ৯৬০$ (r.p.m.)

$P = ৪$

$A = ৪$ (ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)

সুতরাং আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$$E = \frac{\phi ZNP}{৬০A}$$

$$= \frac{০\cdot০৫ \times ৫৬০ \times ৯৬০ \times ৪}{৬০ \times ৪}$$

$$= ৪৪৮ \text{ ভোল্ট।}$$

উদাহরণ ১৪। একটি ২-পোলের ডাইনামোতে প্রতি পোলে ০·০০৫ ওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয়। আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং ৪০টি কয়েল লইয়া গঠিত, আর প্রতিটি কয়েলে ১০টি করিয়া টার্ণ আছে। যদি এই মেসিনে ১২০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তবে আর্মেচারের গতিবেগ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $\phi = ০\cdot০০৫$ ওয়েবার

কয়েলের প্রতি টার্ণের দুই দিক দুইটি পরিবাহী হিসাবে কাজ করে বলিয়া

$Z = ৪০ \times ১০ \times ২ = ৮০০$

$P = ২$

মেসিনে কেবলমাত্র দুইটি পোল থাকায় ওয়াইণ্ডিং ল্যাপ অথবা ওয়েভ যাহাই হউক না কেন

$A = ২$

$E = ১২০$ ভোল্ট

এখন, $E = \frac{\phi ZNP}{৬০A}$ ভোল্ট

$$\therefore \quad N = \frac{E \times ৬০A}{\phi ZP} = \frac{১২০ \times ৬০ \times ২}{০\cdot০০৫ \times ৮০০ \times ২}$$

$= ১৮০০$ আর. পি. এম. (Revolutions per minute),

অর্থাৎ আর্মেচার প্রতি মিনিটে ১৮০০ পাক ঘুরিবে।

উদাহরণ ১-৫। একটি ৬-পোলের ডি সি. জেনারেটার ২৫৬ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করে। জেনারেটারের আর্মেচারে ১৬০টি খাঁজ আছে, আর প্রতি খাঁজে ৪টি করিয়া পরিবাহী আছে। যদি এই সকল পরিবাহী লইয়া একটি ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং গঠিত হয় এবং আর্মেচারকে যদি প্রতি মিনিটে ৫০০ পাক ঘুরানো যায়, তবে মেসিনের প্রতি পোলে কত ওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন হইবে ?

এখানে $E =$ ২৫৬ ভোল্ট

$Z =$ ১৬০ × ৪ = ৬৪০

$N =$ ৫০০ আর পি. এম.

$P =$ ৬

$A =$ ২ (ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)

এখন, $E = \frac{\phi ZNP}{৬০ A}$ ভোল্ট

সুতরাং $\phi = \frac{E \times ৬০ A}{ZNP} = \frac{২৫৬ \times ৬০ \times ২}{৬৪০ \times ৫০০ \times ৬}$

০·০১৬ ওয়েবার বা ১৬ মিলিওয়েবার।

উদাহরণ ১-৬। একটি ৪৫-কিলোওয়াট, ৪৩৫-ভোল্ট, ৪ পোলের ডি সি. মোটর প্রতি মিনিটে ৬০০ পাক ঘোরে। মোটরের আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত এবং তাহাতে ৪৩টি খাঁজ আছে। যদি মেসিনের প্রতি পোল ২৮·২ মিলিওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে, তবে প্রতি খাঁজে কয়টি করিয়া পরিবাহী আছে, তাহা নির্ণয় কর।

যেহেতু ডি. সি. জেনারেটার আর ডি. সি. মোটর অভিন্ন মেসিন, তাই মোটর চলিবার সময় উহার আর্মেচারেও তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, আর এই তড়িৎ-চাপ জেনারেটারের অনুরূপ। সুতরাং একই সূত্রের সাহায্যে এই তড়িৎ-চাপও নির্ণয় করা যায়। আবার, যেহেতু আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং কয়েলের সাহায্যে করা হয়, আর প্রত্যেকটি কয়েলের দুই দিক দুইটি পরিবাহী হিসাবে কাজ করে, অতএব আর্মেচারের মোট পরিবাহীর সংখ্যা সর্বদাই পূর্ণ সংখ্যা ও জোড় সংখ্যা হইবে।

এখানে, $\phi =$ ২৮·২ মিলিওয়েবার

$= \frac{২৮·২}{১০০০}$ ওয়েবার = ০·০২৮২ ওয়েবার

$N =$ ৬০০

$P =$ ৪

$A =$ ২ (ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)

$E =$ ৪৩৫ ভোল্ট

এই উদাহরণের পক্ষে ৪৫-কিলোওয়াট সংখ্যাটি প্রয়োজনীয় নহে।

এখন, $E = \frac{\phi ZNP}{৬০A}$ ভোল্ট

সুতরাং $Z = \frac{E \times ৬০A}{\phi NP} = \frac{৪৩৫ \times ৬০ \times ২}{০.০২৮২ \times ৬০০ \times ৪}$

$= ৭৭১$ ।

অতএব প্রতি খাঁজে পরিবাহীর সংখ্যা

$= \frac{Z}{\text{খাঁজের মোট সংখ্যা}} = \frac{৭৭১}{৪৩}$

$= ১৮$ ।

উদাহরণ ১-৭। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট জেনারেটারের প্রতি পোল ৬০ মিলিওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে। জেনারেটারের আর্মেচারে ৯০টি খাঁজ আছে, আর প্রত্যেক খাঁজে ৬টি করিয়া পরিবাহী আছে। আর্মেচার যদি প্রতি মিনিটে ১৫০০ পাক ঘোরে, তবে উহাতে কত ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইবে?

যদি আর্মেচারের প্রত্যেকটি পরিবাহী দিয়া ১০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তবে জেনারেটার মোট কত কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন করিবে?

জেনারেটারের আর্মেচার ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত।

এখানে ϕ = ৬০ মিলিওয়েবার

$= \frac{৬০}{১০০০}$ ওয়েবার $=$ ০.০৬ ওয়েবার

$Z = ৯০ \times ৬ = ৫৪০$

$N = ১৫০০$

$P = ৪$

$A = ৪$ (ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)

$\therefore \quad E = \frac{\phi ZNP}{৬০A} = \frac{০.০৬ \times ৫৪০ \times ১৫০০ \times ৪}{৬০ \times ৪}$

$= ৮১০$ ভোল্ট।

ওয়াইণ্ডিংয়ের প্রতিটি প্যারালেল-রাস্তায় যে-কয়টি পরিবাহী আছে, তাহারা সিরিজে সংযুক্ত। অতএব প্রত্যেকটি প্যারালেল-রাস্তা দিয়াই ১০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইবে। সুতরাং জেনারেটারের মোট কারেণ্ট

$I = ১০০ \times A = ১০০ \times ৪ = ৪০০$ অ্যাম্পিয়ার, আর উৎপন্ন বৈদ্যুতিক শক্তির পরিমাণ

$\frac{E \times I}{১০০০} = \frac{৮১০ \times ৪০০}{১০০০}$

$= ৩২৪$ কিলোওয়াট।

প্রশ্নমালা

১। ডি. সি. মেসিনের প্রধান অংশগুলির নাম লিখ এবং উহাদের মধ্যে কোন্ অংশগুলি বৈদ্যুতিক সারকিট গঠন করে এবং কোন্ অংশগুলি চুম্বকীয় সারকিট গঠন করে বল।

২। ডি. সি. মেসিনের আর্মেচার কোরটি যদি নিরেট বস্তুর দ্বারা গঠিত হয়, তবে কি ক্ষতি সাধন হইতে পারে?

৩। ডি সি আর্মেচারে প্রধানতঃ যে দুই প্রকার ওয়াইণ্ডিং ব্যবহার করা হয়, তাহা কি কি? আর্মেচারে কম্যুটেটার ব্যবহার করিবার প্রয়োজন হয় কেন?

৪। ল্যাপ ও ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের মধ্যে যে-সকল পার্থক্য দেখা যায়, তাহাদের উল্লেখ কর। কোন ওয়াইণ্ডিং কোন কাজের পক্ষে উপযোগী তাহা বুঝাইয়া বল।

৫। ইকোয়্যালাইজার কি উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হয়? ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে ইহা ব্যবহার করিবার প্রয়োজন হয় না কেন?

৬। নিম্নলিখিতগুলির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও:—

(ক) পশ্চাতের পিচ, (খ) সম্মুখের পিচ, (গ) গড়-পড়তা পিচ, (ঘ) প্রোগ্রেসিভ্ ওয়াইণ্ডিং, (ঙ) রেট্রোগ্রেসিভ্ ওয়াইণ্ডিং, (চ) বহুধারা বা মাল্টিপ্লেক্স্ ওয়াইণ্ডিং।

৭। বহু পরিবাহী সমন্বিত কয়েল (multiple coil) বলিতে কি বুঝায়? ডি. সি আর্মেচার ওয়াইণ্ডিংয়ে এই প্রকার কয়েল ব্যবহার করিবার প্রয়োজন কি?

৮। একটি ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে কি কি মৌলিক শর্ত মানিয়া চলিতে হয়, তাহা বল।

৯। একটি দুই-পোলের আর্মেচারে ৫১টি খাঁজ আছে, আর প্রতি খাঁজে ১২টি করিয়া পরিবাহী আছে। চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রতি পোল ০·১ ওয়েবার বলরেখা উৎপন্ন করে। যদি আর্মেচারে ৫৫০-ভোল্ট তড়িৎ চাপ আবিষ্ট হয়, তবে মেসিনের গতিবেগ কত হইবে? (উ প্রতি মিনিটে ৫·১৫ পাক)

১০। একটি ৮-পোলের ডাইনামো প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোরে। ডাইনামোর আর্মেচার ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত। এই আর্মেচারে ৭৫টি খাঁজ এবং প্রতি খাঁজে ৮টি করিয়া পরিবাহী আছে। যদি প্রতি পোলে ৮৮ মিলিওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয়, তবে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে? (উ· ৮৮০ ভোল্ট)

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

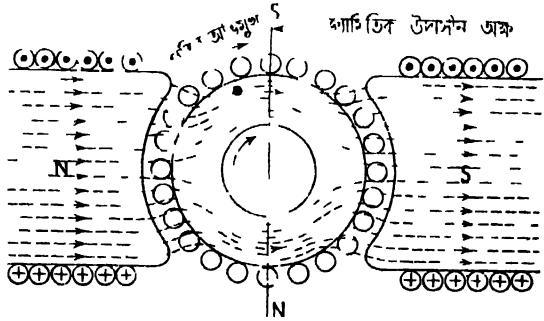
আর্মেচার-চুম্বকত্বের প্রতিক্রিয়া
ও
আর্মেচারে তড়িৎ-প্রবাহের দিক-পরিবর্তন

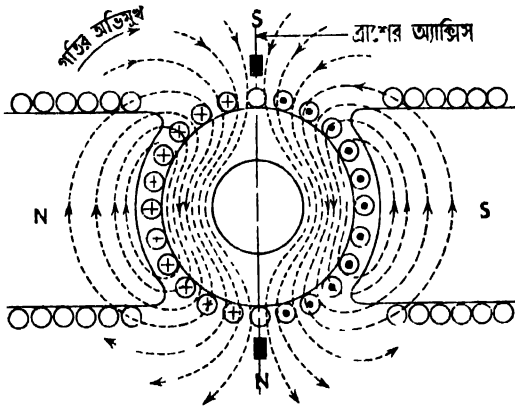
(Armature Reaction and Commutation)

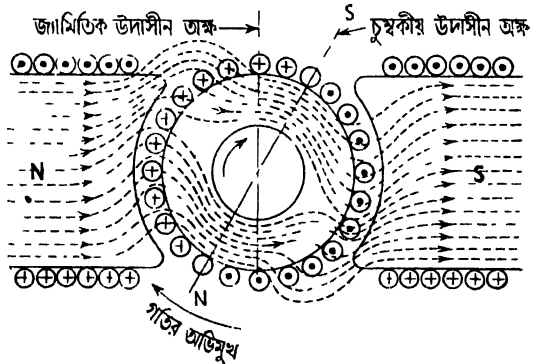
২.১। আর্মেচার চুম্বকত্বের প্রতিক্রিয়া (Armature Reaction)

একটি ডি সি মেশিন, উহা ডাইনামোই হউক কিংবা মোটরই হউক, যতক্ষণ চলে, ততক্ষণ উহার আর্মেচার কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। ইহাতে আর্মেচার একটি তড়িৎ চুম্বকে পরিণত হয় এবং নিজস্ব একটি চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করে। এই চুম্বক-ক্ষেত্র ফীল্ডের চুম্বক-ক্ষেত্রের খুব নিকটে অবস্থিত বলিয়া তাহার উপর প্রভূত প্রভাব বিস্তার করিতে সক্ষম হয়। ফীল্ডের চুম্বক-ক্ষেত্রের উপর আর্মেচারের চুম্বক-ক্ষেত্রের এই প্রভাবকেই ইংরাজিতে "আর্মেচার রিয়্যাকশন' (Armature Reaction) বা বাংলায় "আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া" বলে।

নীচে ২৬নং চিত্রে একটি দুই পোলওয়ালা জেনারেটারের নক্সা দেওয়া হইয়াছে। এই নক্সায় মেসিনের উত্তর ও দক্ষিণ মেরু যথাক্রমে N ও S দ্বারা, আর্মেচার-কোর উভয় মেরুর মধ্যে অবস্থিত একটি বড় বৃত্তের দ্বারা এবং আর্মেচারের পরিবাহীসমূহ বড় বৃত্তের চারিধারে ছোট ছোট বৃত্তগুলির দ্বারা চিহ্নিত আছে। চিত্রে উপরের দিকে পজিটিভ ব্রাশ আর নীচের দিকে নেগেটিভ ব্রাশ রহিয়াছে।

২৬(ক)নং চিত্র: আর্মেচার-কয়েলে কোন তড়িৎ নাই, কিন্তু ফীল্ড-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে।

এখন মনে কর, আর্মেচারটি স্থির অবস্থায় আছে, আর উহার কয়েল দিয়া কোন তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে না, ফলে আর্মেচার কোন চুম্বক-ক্ষেত্রও উৎপন্ন করিতেছে না। এই অবস্থায় যদি শুধু ফীল্ড-কয়েলে কারেন্ট দেওয়া যায়, তবে ফীল্ডের চুম্বক রেখা-প্রবাহ উত্তর মেরু হইতে বাহির হইয়া যেভাবে দক্ষিণ মেরুর দিকে যাইবে, তাহাই ২৬(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

এইবার ২৬ (খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। আর্মেচার-কয়েলে পূরা লোড-কারেণ্ট দিয়া যদি উহাকে দক্ষিণাবর্তে ঘুরানো যায়, আর ফীল্ড-কয়েল দিয়া কারেণ্ট পাঠানো যদি বন্ধ থাকে, তবে আর্মেচার একটি তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হইয়া যে-সমস্ত বলরেখা উৎপন্ন করিবে, এই চিত্রে তাহাদের গতিপথ আর অবস্থানই দেখানো হইয়াছে। এখন যদি (ক) ও (খ) চিত্র দুইটি তুলনা কর তবে বুঝিতে পারিবে যে, আর্মেচারের চুম্বক-রেখা ফীল্ডের চুম্বক-রেখার সহিত আড়াআড়ি-ভাবে অবস্থিত।

২৬(খ)নং চিত্র : ফীল্ড-কয়েলে কোন তড়িৎ নাই, কিন্তু আর্মেচার-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে।

কিন্তু জেনারেটার যখন লোড-সারকিটে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে, তখন ফীল্ড-কয়েল ও আর্মেচার-কয়েল, উভয়ের মধ্য দিয়াই তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, ফলে উভয়েই চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে। আড়াআড়ি-ভাবে অবস্থিত এই দুই রেখা-প্রবাহ তখন একত্রিত হইয়া মিলিত বলরেখা সৃষ্টি করে, আর ঐ মিলিত বলরেখা জেনারেটার যে দিকে ঘুরিতে থাকে সেই দিকে বাঁকিয়া যায়। ২৬(গ) নং চিত্রে ইহাই দেখানো হইয়াছে।

২৬(গ)নং চিত্র : আর্মেচার-কয়েল এবং ফীল্ড-কয়েল, উভয়ের মধ্য দিয়াই তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে।

এই সমস্ত আলোচনা হইতে অতএব ইহাই বুঝা গেল যে, যখন কোন জেনারেটার বাহিরের বর্তনীতে তড়িৎ সরবরাহ করিতে থাকে, তখন আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার দরুন উহার চুম্বক-ক্ষেত্রের মিলিত বলরেখা মেসিন যেদিকে ঘোরে সেই দিকে বাঁকিয়া যায়। আর মেসিনটি যদি একটি মোটর হয়, তবে এই সমস্ত রেখা ঠিক তাহার বিপরীত দিকে বাঁকে।

(ক) ব্রাশের অবস্থানের পরিবর্তন (Shift of Brushes)

ব্রাশের অবস্থান সম্বন্ধে ইতিপূর্বে বলা হইয়াছে যে, পাশাপাশি অবস্থিত দুই দুই পোলের মাঝখান দিয়া একটি রেখা টানিয়া তাহার সহিত ৯০ ডিগ্রীতে যদি একটি লম্ব তোলা যায়, তবে সেই লম্বের উপরই অর্থাৎ জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষের উপরই ব্রাশ বসাইবার জায়গা। কিন্তু এই জায়গা ব্রাশ বসাইবার পক্ষে ততক্ষণই উপযুক্ত থাকে, যতক্ষণ মেসিনের আর্মেচার-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত না হয়। আর্মেচারে কারেন্ট প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করিলেই মেসিনের মিলিত চুম্বক-ক্ষেত্র বাঁকিয়া যায়, আর সেই সঙ্গে ব্রাশ বসাইবার জায়গাও পরিবর্তিত হয়। কি জেনারেটার আর কি মোটর, লোড যত বেশী হয়, ব্রাশের অবস্থানও তত বদলায়। যদি লোড-অনুযায়ী কম্যুটেটারের উপর ঠিক জায়গায় ব্রাশ বসানো থাকে, তবে কম্যুটেটারে আগুন দেখা যায় না, নইলে লোড যত বেশী হয়, আগুনও তত বেশী দেখা দিতে থাকে। ব্রাশকে দরকারমত যাহাতে এদিক-ওদিক ঘুরানো যায়, সেইজন্য বিশেষ ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়। এই ব্যবস্থার নাম "ব্রাশ-রকার" (brush rocker)। কোন জেনারেটারে লোড বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে যখন উহার কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া আরম্ভ হয়, তখন সেই আগুন বন্ধ করিতে হইলে মেসিন যেদিকে ঘোরে, রকারকে উপযুক্ত মত সেই দিকে ঘুরাইয়া দিতে হয়, আর মেসিনটি যদি একটি মোটর হয়, তবে রকারকে উহার উল্টাদিকে ঘুরাইতে হয়। যে অবস্থানে ব্রাশ বসাইলে কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া বন্ধ হয়, তাহাকে **"চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষ"** বা ইংরাজিতে **"ম্যাগ্নেটিক নিউট্র্যাল অ্যাক্সিস" (Magnetic Neutral Axis)** বলে। মেসিনের মিলিত বলরেখার সহিত সমকোণ করিয়া আর্মেচার-বৃত্তের কেন্দ্র দিয়া যদি একটি সরলরেখা টানা যায়, তবে উহাই চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষ হইবে। ইহা ২৭নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। যখন মেসিন লোড-শূন্য অবস্থায় হালকাভাবে চলে, তখন উহার জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষের সহিত প্রায় মিশিয়া থাকে। কিন্তু যখনই মেসিন লোড নিয়া চলিতে আরম্ভ করে, তখনই দুইটি অক্ষের অবস্থান আলাদা হইয়া যায়, আর অধিক পরিমাণ লোড সংযুক্ত হওয়ার পরে ব্রাশকে যদি সরাইয়া দেওয়া না হয়, তবে কম্যুটেটারে আগুন দিতে থাকে।

মিলিত বলরেখা বাঁকিয়া যাওয়াতে চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষ জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ হইতে মেসিন যেদিকে ঘোরে সেইদিকে সরিয়া গিয়াছে।
২৭নং চিত্র

(খ) আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ায় চুম্বকত্ব হ্রাস ও চুম্বক-রেখার বিকৃতি (Demagnetising and Cross-magnetising Components of Armature Reaction)

মেসিনের লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সময় ব্রাশকে প্রয়োজনমত ঘুরাইয়া দিলে কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া বন্ধ হয় বটে কিন্তু তখন আবার দুইটি নূতন উপসর্গের উৎপত্তি হয়। ২৮(ক)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলে ইহা বুঝিতে পারিবে।

আর্মেচারের ব্রাশ দুইটিকে জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ হইতে সরাইয়া চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষের উপর বসান হইয়াছে।
২৮(ক)নং চিত্র

মনে কর, কম্যুটেটারের আগুন বন্ধ করিবার জন্য কোন জেনারেটারের পজিটিভ ব্রাশকে দুই পোলের মধ্যবর্তী স্থান হইতে সরাইয়া দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে উপরের দিকের প্রান্তে বসান হইল। সঙ্গে সঙ্গে নেগেটিভ ব্রাশও সরিয়া বাঁদিকে উত্তর মেরুর নীচের দিকের প্রান্তে সরিয়া যাইবে। এখন ২৮(ক)নং চিত্রটির সহিত ২৮নং চিত্রের তুলনা করিলে দেখা যাইবে যে, শেষোক্ত চিত্রে ব্রাশগুলি দুই পোলের মধ্যবর্তী স্থানে ছিল, তখন উহারা যে সকল পরিবাহীর উপরে ছিল এখন তাহা হইতে সরিয়া গিয়াছে। ইহাতে চারিটি বিভিন্ন মণ্ডলে (Zone) আর্মেচারের পরিবাহীসমূহ বিভক্ত হইয়া পড়িয়াছে, যথা—

(১) উত্তর মেরুর সম্মুখে অবস্থিত পরিবাহীসমূহ

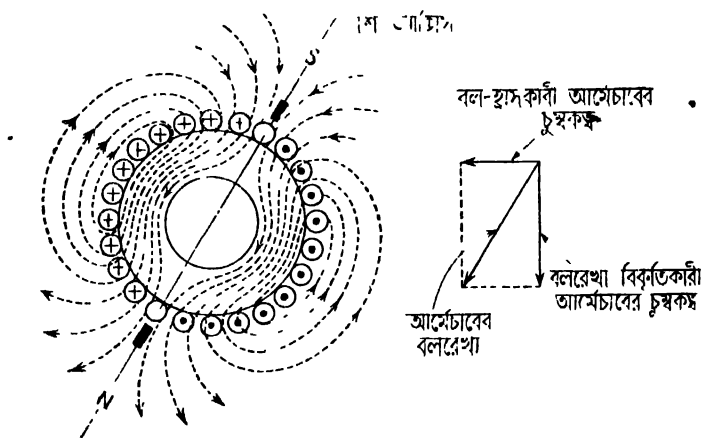
(২) দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে অবস্থিত পরিবাহীসমূহ,

(৩) উত্তর ও দক্ষিণ মেরুর মধ্যে উপরের দিকে অবস্থিত পরিবাহীসমূহ এবং

(৪) উত্তর ও দক্ষিণ মেরুর মধ্যে নীচের দিকে অবস্থিত পরিবাহীসমূহ।

ভালভাবে দেখাইবার জন্য ২৮ক নং চিত্রে 'ক' ও 'খ' এই দুইটি দাড়া রেখা টানা হইয়াছে। ক রেখার বাঁদিকে আর খ রেখার ডানদিকে যে সকল পরিবাহী অবস্থিত, তাহাদের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে যে বলরেখার সৃষ্টি হয়, তাহা ফীল্ডের বলরেখাকে আড়াআড়িভাবে অতিক্রম করে। এই বলরেখাকে 'আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার আড়াআড়িভাবে অবস্থিত অংশ' (Cross magnetising Component of Armature Reaction) বলে। আর্মেচার চুম্বকত্বের এই অংশের প্রভাবে মেসিনের সমবেত চুম্বক ক্ষেত্র বাঁকিয়া যায় (distorted হয়) বলিয়া ইহাকে "আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার চুম্বক রেখা বিকৃতিকারী (distorting) অংশ"ও বলা

হইয়া থাকে। আর ক ও খ রেখাদ্বয়ের মধ্যবর্তী অংশে উপরে ও নীচে যে-সকল পরিবাহী অবস্থিত তাহাদের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে আর্মেচার-কোরে যে চুম্বক বলরেখার উৎপত্তি হয়, তাহাদের অভিমুখ (direction) ফীল্ডের বলরেখার বিপরীত দিকে থাকে। ইহাতে মেসিনের চুম্বক-ক্ষেত্রের তেজ কতক পরিমাণে কমিয়া যায় (demagnetised হয়), আর সেইজন্যই ইহাকে "আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার চুম্বক বল-হ্রাসকারী অংশ" (Demagnetising Component of Armature Reaction) বলে। মেসিন তৈরীর পরিকল্পনা করিবার সময় এই বিষয়টি মনে রাখিয়া উপযুক্তমত এমন সংখ্যক পরিবাহী আর্মেচারে দিতে হয়, যাহাতে পূরা লোড-সহ চলিলেও ডাইনামোতে উৎপন্ন ভোল্টেজ প্রয়োজন অপেক্ষা যেন কম না হয়। আর্মেচার-চুম্বকত্বের এই দুই অংশ নীচে ২৮(খ)নং চিত্রে দেখানো হইল।

২৮নং চিত্র

পাশাপাশি অবস্থিত দুই পোলের মধ্যবর্তী মধ্যরেখা হইতে ব্রাশকে আবর্তনের দিকে যত ডিগ্রী আগাইয়া দেওয়া যায়, তাহাকে ব্রাশের "লীড" (lead) বলে, আর আবর্তনের বিপরীতে পিছাইয়া দেওয়াকে "ল্যাগ" (lag) বলে। ব্রাশের লীড যত ডিগ্রী হয়, তাহার দ্বিগুণ পরিমাণ কোণের মধ্যে আর্মেচারের যতগুলি পাক থাকে, তাহারা চুম্বক ক্ষেত্রকে বলহীন করে। ইহার পরিমাণ নিম্নলিখিত উপায়ে হিসাব করা যায়:

মনে কর, কোন আর্মেচারে Z সংখ্যক পরিবাহী আছে, আর ব্রাশকে θ-জ্যামিতিক ডিগ্রী আগাইয়া দেওয়া হইয়াছে। ইহাতে প্রত্যেক পোলে যে চুম্বক বল-হ্রাসকারী মণ্ডলের (demagnetising zone) উৎপত্তি হইবে তাহা 2θ ডিগ্রীর সমান হইবে, আর সেই মণ্ডলে অবস্থিত আর্মেচারের পরিবাহীর সংখ্যা $\frac{2\theta Z}{360}$ হইবে। যেহেতু দুইটি পরিবাহী একত্র হইয়া একপাকের একটি কয়েল তৈরী করে, অতএব প্রত্যেক পোলে চুম্বক বল-হ্রাসকারী কয়েলের

পাকের সংখ্যা $\frac{\theta Z}{৩৬০}$ হইবে। এখন, এই সকল পরিবাহী দিয়া যদি I_c অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, তবে প্রতি পোলে চুম্বক বল-হ্রাসকারী কয়েলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ (demagnetising ampere-turns per pole) $\frac{\theta Z I_c}{৩৬০}$ হইবে।

কিন্তু আর্মেচারের মোট কারেণ্ট যদি I_a অ্যাম্পিয়ার হয়, আর উহার ওয়াইণ্ডিংয়ে যদি A-সংখ্যক প্যারালেল-রাস্তা থাকে, তবে

$$I_c = \frac{I_a}{A} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। সুতরাং প্রতি পোলে চুম্বক বল-হ্রাসকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ $= \frac{\theta Z I_a}{৩৬০ \times A}$ হইবে।

এইবার মনে কর, মেসিনে P সংখ্যক পোল আছে। অতএব প্রত্যেক পোলে আর্মেচারের মোট অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ $\frac{Z I_c}{২P}$ হইবে। এই অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ হইতে চুম্বক বল-হ্রাসকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ বাদ দিলে বাকী যাহা থাকিবে, তাহা অবশ্যই প্রতি পোলের চুম্বক-রেখা বিকৃতিকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ (distorting or cross-magnetising ampere-turns per pole) হইবে। সুতরাং প্রতি পোলে চুম্বক-রেখা বিকৃতিকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ $= \frac{Z I_c}{২P} - \frac{\theta Z I_c}{৩৬০}$ হইবে। I_c-এর স্থলে $\frac{I_a}{A}$ বসাইলে এই অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ

$$= \frac{Z I_a}{২PA} - \frac{\theta Z I_a}{৩৬০ A} = \frac{Z I_a}{A}\left(\frac{১}{২P} - \frac{\theta}{৩৬০^\circ}\right) \text{ হইবে।}$$

উদাহরণ ২-১। একটি ৪-পোলের ডাইনামোতে ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংযুক্ত আর্মেচার আছে। আর্মেচারের মোট পরিবাহীর সংখ্যা ৮০০, আর পূরা লোডসহ চলিবার সময় আর্মেচার দিয়া ১০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়। যদি এই ডাইনামোর ব্রাশকে ৫ ডিগ্রী আগাইয়া দেওয়া যায়, তবে আর্মেচারের প্রতি পোলে কত বল-হ্রাসকারী চুম্বকত্ব, আর কত বলরেখা বিকৃতিকারী চুম্বকত্ব উৎপন্ন হইবে?

এখানে $P = ৪$

$A = ৪$ (ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)

$Z = ৮০০$

$I_a = ১০০$

$\theta = ৫$ ডিগ্রী

প্রতি পোলে বল-হ্রাসকারী চুম্বকত্বের পরিমাণ $= \frac{\theta Z I_a}{৩৬০ A} = \frac{৫ \times ৮০০ \times ১০০}{৩৬০ \times ৪}$

$= \underline{২৭৮ \text{ অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ}}$।

প্রতি পোলে বলরেখা বিকৃতিকারী চুম্বকত্বের পরিমাণ $= \frac{Z I_a}{A}\left(\frac{১}{২P} - \frac{\theta}{৩৬০^\circ}\right)$

$= \frac{৮০০ \times ১০০}{৪}\left(\frac{১}{২ \times ৪} - \frac{৫^\circ}{৩৬০^\circ}\right) = \underline{২২২২ \text{ অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ}}$।

যখন মেসিন পূরা লোডসহ চলে, তখন চুম্বকত্বের পরিমাণ হ্রাস পায় বলিয়া ফীল্ড-কয়েলের তারের পাক হিসাব করিবার সময় প্রতি কয়েলে $\frac{\theta Z}{৩৬০^{\circ}}$ পাক তার বেশী জড়াইতে হয়।

২-২। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া অপনোদন করিবার বিভিন্ন পদ্ধতি (Different Methods of Neutralising Armature Reaction)

উন্নতমানের পরিকল্পনার দ্বারা যে-কোন ডি. সি. মেসিনে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার অনিষ্টকর প্রভাব বহুলাংশে, এমন কি সম্পূর্ণরূপেও, দূর করা যায়। এই উদ্দেশ্যে মেসিন তৈরী করিবার সময় যে-সকল পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়, তাহাদের নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল :

(ক) হাওয়ার ফাঁকের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করা (Increasing the length of the air-gap)

ডি. সি. মেসিনে পোল আর আর্মেচারের মধ্যে যে ফাঁক থাকে, পোলের ঠিক অগ্রভাগে তাহার দৈর্ঘ্য বাড়াইয়া দিলে মেসিনের মধ্যে অন্যান্য জায়গা অপেক্ষা ঐ স্থানে চুম্বকীয় প্রতিবন্ধ (reluctance) বেশী হয়। এই প্রতিবন্ধ অতিক্রম করিয়া চুম্বক রেখা-প্রবাহ পাঠাইতে গেলে তখন ফীল্ড-কয়েলে বেশী অ্যাম্পিয়ার-টার্নের প্রয়োজন দেখা দেয়। হাওয়ার চুম্বক-ভেদ্যতা (permeability) খব কম বলিয়া ফাঁকের দৈর্ঘ্য বাড়াইলেই প্রতি পোলে চুম্বকীকরণ বল অধিক হইয়া পড়ে। সেইজন্য যে-সকল জেনারেটারে ফাঁকের দৈর্ঘ্য বেশী রাখা থাকে, তাহাদের আর্মেচারের অ্যাম্পিয়ার-টার্ন ফীল্ডের অ্যাম্পিয়ার-টার্নের তুলনায় নগণ্য হয়। ইহাতে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া খুব ক্ষীণ হয়, আর তাহা ফাঁকের চুম্বক রেখা-প্রবাহকে টানিয়া একদিকে বাঁকাইয়া দিতে পারে না।

সাধারণতঃ পোলের অগ্রভাগের কিছু অংশ কাটিয়া ফেলিয়া বা অন্য কোন উপায়ে পোল-শূ আর আর্মেচার-কোরের মধ্যে ফাঁকের দৈর্ঘ্য বাড়ানো হইয়া থাকে। এই প্রকার ব্যবস্থায় আর্মেচারের বলরেখা বিকৃতিকারী চুম্বকত্ব প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিনষ্ট করা যায়। 'ইণ্টারপোল' (interpoles) আবিষ্কারের পূর্বে এই পদ্ধতিই প্রতিটি ডি. সি. মেসিনে ব্যবহার করা হইত।

(খ) কম্পিন্সেটিং ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্যবহার (Use of Compensating Winding)

আর্মেচার-চুম্বকত্বের বলরেখা ফীল্ড-চুম্বকের বলরেখা হইতে আলাদাভাবে অবস্থান করে বলিয়া, শেষোক্ত রেখা-প্রবাহের কোনরূপ ক্ষতিসাধন না করিয়া, বিপরীতমুখী বলরেখার সাহায্যে প্রথমোক্ত রেখা-প্রবাহ বিনষ্ট করা যায়। এই কাজ ঠিক কিভাবে করিতে হয়, তাহা এখন সংক্ষেপে বলা হইতেছে :

যাহাতে ঠিকমত কার্যকর হয়, সেইজন্য আর্মেচার-চুম্বকীকরণ বলের (armature m. m. f.) ঠিক সমান ও বিপরীতমুখী আর একটি চুম্বকীকরণ বল সৃষ্টি করা

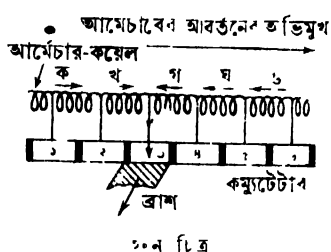
বিকৃতিকারী প্রতিক্রিয়া অপরিবর্তিত থাকিলেও উহার চুম্বক বল-হ্রাসকারী প্রতিক্রিয়া সম্পূর্ণরূপে বিনষ্ট হয়।

ডি. সি. মেসিনে ইন্টারপোল ব্যবহার করিলে প্রচুর সুবিধা পাওয়া যায়। পরে এই সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

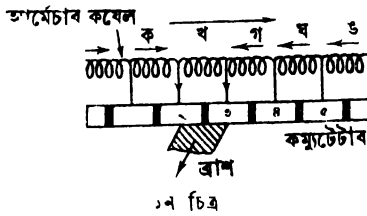
২-৩। কম্যুটেশন বা আর্মেচার কারেন্টের দিক পরিবর্তন (Commutation)

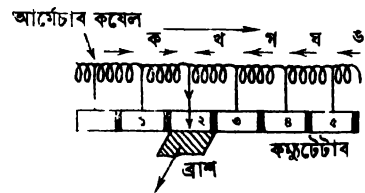
ডি. সি. জেনারেটার সম্বন্ধে পরেই বলা হইয়াছে যে, উহার আর্মেচারের প্রতিটি কয়েলে যে তড়িৎ-চাপ আর তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়, তাহা অল্টারনেটিং। আর্মেচারের অল্টারনেটিং তড়িৎ-প্রবাহ বাহিরের বর্তনীতে যাহাতে সর্বদা একই দিকে প্রবাহিত হইতে পারে, সেইজন্যই কম্যুটেটারের প্রয়োজন। যে প্রক্রিয়ার সাহায্যে খুব অল্প সময়ের মধ্যে প্রতিটি কয়েলে তড়িৎ প্রবাহ দিক পরিবর্তন করে, আর যে প্রক্রিয়াতে আর্মেচারে উৎপন্ন সমস্ত তড়িৎ বাহিরের বর্তনীতে প্রেরিত হয়, সেই উভয় প্রক্রিয়াকেই একত্রে ইংরাজিতে 'কম্যুটেশন' বলে। মেসিন পরিচালনার সময় আর্মেচারে কম্যুটেশনের কাজ কিভাবে চলিতে থাকে, তাহা ৩০নং, ৩১নং ও ৩২নং চিত্র তিনটির সাহায্যে বুঝানো হইয়াছে।

ডি. সি. মেসিন হইতে তড়িৎ ব্রাশের মধ্য দিয়াই বাহিরের বর্তনীতে যায়, আবার ব্রাশের মধ্য দিয়াই তাহা মেসিনে ফিরিয়া আসে। ব্রাশ কম্যুটেটার-সেগমেন্টের উপর চাপিয়া বসানো থাকে, আর প্রত্যেক সেগমেন্টে আর্মেচারের একটি কয়েলের শেষের প্রান্ত আর অন্য একটি কয়েলের গোড়াকার প্রান্ত একসঙ্গে আটা থাকে। এখন মনে কর, কোন একটি ব্রাশের মধ্য দিয়া তড়িৎ বাহির হইয়া আসিতেছে। ৩০নং চিত্র হইতে দেখা যাইবে যে, এই কারেন্ট ৩নং কম্যুটেটার-সেগমেন্ট দিয়া ব্রাশে আসিতেছে, আর সেই সেগমেন্টের সহিত আর্মেচার-কয়েল খ-এর শেষের প্রান্ত এবং গ-এর গোড়াকার প্রান্ত একত্রে ঝালাই করা থাকায় খ-কয়েল দিয়া তড়িৎ বাঁদিক হইতে ডানদিকে, আর গ-কয়েল দিয়া তড়িৎ ডানদিক হইতে বাঁদিকে আসিতেছে।

৩০নং চিত্র

প্রত্যেক আর্মেচার-কয়েলে একই আয়তনের তার সমান সংখ্যক পাকে জড়ানো থাকে বলিয়া প্রত্যেক কয়েলেরই রোধ বা রেজিস্ট্যান্স সমান, আর যে কোন দুইটি ব্রাশের মধ্যে সমান সংখ্যক আর্মেচার কয়েল থাকে বলিয়া এক ব্রাশ হইতে অন্য ব্রাশের মধ্যে আর্মেচার-সারকিটের অর্থাৎ প্রতিটি প্যার্যালেল-রাস্তার রোধও সমান হয়।

সুতরাং ব্রাশ দিয়া যত তড়িৎ বাহির হইয়া যায়, তাহার অর্ধেক বাঁদিকের রাস্তা দিয়া আর বাকী অর্ধেক ডানদিকের রাস্তা দিয়া প্রবাহিত হইয়া আসে।

৩০ন চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, কম্যুটেটারের সহিত আর্মেচার একত্রে বাঁদিক হইতে ডানদিকে ঘুরিতেছে। সুতরাং প্রতি মুহূর্তেই কম্যুটেটার একটু একটু করিয়া ডানদিকে সরিয়া যাইবে। মনে কর, সামান্য কিছুক্ষণ পরে ৩১ন চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইভাবে কম্যুটেটারের উপর ব্রাশটি অবস্থিত আছে। এখানে দেখা যাইবে যে, ব্রাশ ২নং সেগ্‌মেণ্টের মাঝামাঝি আর ৩নং সেগমেণ্টের মাঝামাঝি জায়গায় রহিয়াছে। ফলে বাঁদিক হইতে তড়িৎ ২নং সেগ্‌মেণ্ট দিয়া আর ডানদিক হইতে ৩ন সেগ্‌মেণ্ট দিয়া ব্রাশে আসিতেছে। কিন্তু এক্ষেত্রে খ কয়েল দিয়া কোন তড়িৎ আসিবার প্রয়োজন হইতেছে না। এই অবস্থাকে খ কয়েলের সর্ট সারকিটের অবস্থা বলে। কম্যুটেশনের সময় যে কয়েলে সর্ট সারকিট হয়, তাহাতে কোন কারেণ্ট প্রবাহিত হয় না।

৩১ন চিত্র

ইহারও সামান্য কিছুক্ষণ পরের অবস্থা ৩২ন চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এখানে দেখা যাইতেছে যে, ২নং কম্যুটেটার সেগ্‌মেণ্ট দিয়া তড়িৎ ব্রাশে যাইতেছে, আর সেই তড়িৎ বাঁদিক হইতে ক কয়েল দিয়া ও ডানদিক হইতে খ কয়েল দিয়া আসিতেছে, অর্থাৎ খ কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত হইয়া গিয়াছে। ইহাকেই ইংরাজিতে 'কম্যুটেশন' বলে। কম্যুটেশন কথাটির অর্থ 'দিক পরিবর্তন'। তড়িৎ প্রবাহের এই দিক পরিবর্তন সুচারুভাবে সম্পন্ন না হইলে কম্যুটেটারে আগুন দেয়, অর্থাৎ যে মুহূর্তে কোন একটি কম্যুটেটার সেগ্‌মেণ্ট ব্রাশের অগ্রভাগ হইতে বাহির হইয়া যায়, সেই সময়ে যে আর্মেচার কয়েলটির সর্ট সারকিট শেষ হয়, সেই কয়েল দিয়া পূর্বের বিপরীত দিকে পূরা কারেণ্ট প্রবাহিত হওয়া চাই। যদি কারেণ্ট প্রবাহের পথে কোন প্রতিবন্ধক সৃষ্টি হয় (কিংবা যদি কোন কারণে উপযুক্ত কারেণ্ট অপেক্ষা বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হয়), তবে ব্রাশের সঙ্গে ছাড়াছাড়ি হইবার সময় সেই সেগ্‌মেণ্টে আগুন দিবে।

৩২ন চিত্র

মেসিন চলিবার সময় যে-সকল কারণে কম্যুটেটারে আগুন দেয়, আর যে সকল বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন করিলে এই আগুন দেওয়া বন্ধ করা যায়, তাহাদের সম্বন্ধে নীচে আলাদাভাবে আলোচনা করা হইল।

২-৪। কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া (Sparking at the Commutator)

বৈদ্যুতিক মেশিন এত জোরে চলে যে, প্রতি সেকেণ্ডে উহা বহু পাক ঘোরে। তাই এক-একটি কম্যুটেটার-সেগমেন্টের ব্রাশের নীচে প্রবেশ করিতে আর সেখান হইতে বাহির হইয়া যাইতে খুব অল্প সময়ের প্রয়োজন হয়। কিন্তু এই অল্প সময়ের মধ্যেই আবার আর্মেচার-কয়েলে তড়িৎ-প্রবাহ দিক পরিবর্তন করে, ফলে ঐ কয়েলে এক বিরুদ্ধ তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। তড়িৎ-প্রবাহের সহিত চুম্বক বলরেখা অচ্ছেদ্যভাবে জড়িত। তড়িৎ-প্রবাহের দ্রুত পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে চুম্বক বলরেখারও দ্রুত পরিবর্তন ঘটিতে থাকে, আর সেই বলরেখা কয়েলের পরিবাহীর দ্বারা কর্তিত হয় বলিয়া তাহাতে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। ইংরাজিতে এই তড়িৎ-চাপকে "রিয়্যাক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ" (reactance voltage) বলে। বাংলায় ইহার নাম "প্রতিকরণ চাপ" দেওয়া যাইতে পারে।

এখন, মেসিন চলিবার সময় প্রধানতঃ যে দুইটি কারণে কম্যুটেটারে আগুন দেখা দেয় তাহা এই যে—

(১) আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য মেসিনের চুম্বক বলরেখা বাঁকিয়া যায়, আর

(২) কম্যুটেশনের সময় আর্মেচার কয়েলে রিয়্যাক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়।

মেসিনে ইন্টারপোল বা সহায়ক পোল ব্যবহার করিলে এই উভয় কারণই দূর করা সম্ভব হয়, কিন্তু ইহাতে আবার মেসিন তৈরার খরচও বৃদ্ধি পায়। সেইজন্য বহু জেনারেটারে বা মোটরে ইন্টারপোল ব্যবহার করার পরিবর্তে অন্য কোন ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইয়া থাকে।

২-৫। কম্যুটেশন উন্নত করিবার বিভিন্ন পদ্ধতি (Commutation Improvement Methods)

কম্যুটেশনের সময় আর্মেচার-কয়েলে যে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, যদি তাহাকে বাধা দেওয়া না যায় বা সম্পূর্ণরূপে বিনষ্ট করা না হয়, তবে কয়েলটি যে কম্যুটেটার-সেগমেন্টের সহিত যুক্ত থাকে ব্রাশের সহিত তাহার ছাড়াছাড়ি হইবার সময় কম্যুটেটারে আগুন দেখা দিবেই। কম্যুটেটারে ক্রমাগত আগুন দিতে থাকিলে ব্রাশ ও কম্যুটেটার উভয়েরই উপরিভাগ নষ্ট হইয়া যায়, আর পরিণামে অগ্নিবলয়ের দ্বারা আবৃত হওয়ার ফলে সেগমেন্টগুলিতে সর্টসারকিট দেখা দেয়। তাই মেসিন চলিবার সময় কম্যুটেটারে যাহাতে আগুন না দেয় সেইজন্য নিম্নলিখিত ব্যবস্থাসমূহ অবলম্বন করা হইয়া থাকে –

(১) ব্রাশের রোধ বৃদ্ধি করা, অর্থাৎ রেজিস্ট্যান্স কম্যুটেশন, আর

(২) কম্যুটেশনের সময় যে কয়েলে সর্ট-সারকিট হয় তাহাতে উপযুক্ত তড়িৎ-চাপ সৃষ্টি করা, অর্থাৎ ই. এম. এফ. কম্যুটেশন। ই. এম. এফ. কম্যুটেশন আবার দুইভাবে করা যায়—

(ক) ব্রাশকে জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ হইতে আগাইয়া দিয়া, আর

(খ) ইণ্টারপোল ব্যবহার করিয়া।

(১) রেজিস্ট্যান্স কম্যুটেশন (Resistance Commutation)

কম্যুটেটারে আগুন দেওয়ার প্রতিকার করিতে ব্রাশের রোধ অনেক সাহায্য করে। এই কারণে আজকাল কার্বন ব্রাশের ব্যবহারই সর্বত্র প্রচলিত হইয়াছে। আগে তামার ব্রাশ ব্যবহার করা হইত। অনেক সময় আবার কতকগুলি তামার জাল একত্রে চাপ দিয়া জমাইয়া, পরে সেই জমাট অংশ দরকারমত আয়তনে কাটিয়া লইয়া, ব্রাশ করা হইত। কিন্তু এই সকল ব্রাশের রেজিস্ট্যান্স বা রোধ এত কম হইত যে, আর্মেচার কয়েল ব্রাশের দ্বারা সর্ট-সার্কিট হওয়ার সময় রিয়্যাক্ট্যান্স ভোল্টেজের দরুন কয়েলে তড়িৎ-প্রবাহ বৃদ্ধি পাইয়া কম্যুটেটারে আগুন দিতে থাকিত। তাহা ছাড়া, তামা কার্বন অপেক্ষা অনেক বেশী শক্ত বলিয়া মেসিন চলিবার সময় কম্যুটেটারের সহিত তামার ব্রাশের ঘর্ষণ হওয়াতে কম্যুটেটারের উপরিভাগও সহজে নষ্ট হইয়া যাইত। তামার সহিত 'গ্র্যাফাইট' (graphite) মিশাইয়া এই অবস্থার কিছুটা প্রতিকার করা চলিত বটে, কিন্তু তাহাতে কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া বন্ধ হইত না। তাই বর্তমানে যে সকল মেসিনের আর্মেচার কয়েল দিয়া খুব অল্প কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, সেই সকল ছোট ছোট মেসিনেই তামার ব্রাশের ব্যবহার সীমাবদ্ধ হইয়া আছে।

কার্বন ব্রাশের প্রধান গুণ এই যে, ইহার রোধ বেশী। যদিও এই কারণে তামা অপেক্ষা কার্বনের ক্ষেত্রে অপেক্ষাকৃত বড় আয়তনের ব্রাশ দরকার হয়, (কেন না, তামার ব্রাশ দিয়া প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে ১৫০ হইতে ২০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে, আর কার্বন ব্রাশ দিয়া মাত্র ৪০ হইতে ৫০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়), তথাপি অধিকাংশ মেসিনে এই ব্রাশই ব্যবহার করা হইয়া থাকে। কার্বন ব্রাশ ব্যবহার করিলে কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া কিভাবে কমে, তাহা নিম্নে বলা হইল :

৩নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, আর্মেচারের খ-কয়েলটি ব্রাশের দ্বারা সর্ট-সার্কিট হইয়াছে। আর্মেচার দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে, আর ব্রাশ দিয়া তড়িৎ বাহির হইয়া যাইতেছে। সুতরাং ঠিক এই মুহূর্তে খ-কয়েল দিয়া কোন তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে না। এই সময়ের পর হইতে প্রতি মুহূর্তে ঐ কয়েলের মধ্য দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হইবে, তাহা আর্মেচারের ডানদিক হইতে আসিবে, আর ক্রমেই সেই প্রবাহের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইয়া যে-মুহূর্তে ২নং কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্ট বাঁদিকের কোণ হইতে ব্রাশের ডানদিকের কোণে সরিয়া যাইবে, তখনই খ-কয়েল দিয়া পূর্ণ মাত্রায় তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকিবে, এবং তাহা ডানদিক হইতেই আসিবে। অতএব এতক্ষণে ঐ কয়েলের কম্যুটেশন বা তড়িৎ-প্রবাহের দিক পরিবর্তন সম্পূর্ণ হইল। যদি এই সময়ের মধ্যে খ-কয়েলের তড়িৎ-প্রবাহ পূর্ণ মাত্রায় ব্রাশ কারেণ্টের অর্ধেকে উন্নীত হইতে না পারে, তবে কম্যুটেটারে আগুন দিবে।

এখন, যে-মুহূর্তে খ-কয়েলে তড়িৎ ডানদিক হইতে প্রবাহিত হয়, তখন হইতেই উহা দুইটি পথ দিয়া ব্রাশে যাতায়াত করিতে থাকে—

(১) গ-কয়েল হইতে কয়েলের লুপ ধরিয়া ১নং কম্যুটেটার-সেগমেন্ট দিয়া ব্রাশে আসিতে পারে, আর

(২) খ-কয়েল দিয়া কয়েলের লুপ ধরিয়া ২নং কম্যুটেটার-সেগমেন্ট দিয়া ঘুরিয়াও ব্রাশে আসিতে পারে।

কিন্তু কম্যুটেটার দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে বলিয়া প্রতি মুহূর্তে ব্রাশের সহিত ১নং কম্যুটেটার-সেগমেন্টের সংস্পর্শ কমিতে থাকে, আর ২নং-এর সংস্পর্শ বাড়িতে থাকে। বেশী রেজিস্ট্যান্সওয়ালা কার্বন ব্রাশ ব্যবহার করার ফলে যতই সংস্পর্শ কমিতে থাকে, ততই সেই সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স এমন বাড়িয়া যায় যে, তাহা অনুভব-যোগ্য হইয়া ওঠে, আর সঙ্গে সঙ্গে অন্যদিকের সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স কমিতে থাকে। ফলে কারেন্টকে বাধ্য হইয়া ক্রমে ক্রমে বেশী বেশী করিয়া খ-কয়েল দিয়া তবে ব্রাশে আসিতে হয়। ইহা কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া বন্ধ করিতে যথেষ্ট সহায়তা করে।

(২) ই এম এফ. কম্যুটেশন (E. M. F. Commutation)

কম্যুটেশনের সময় আর্মেচার-কয়েলে যে রিয়্যাক্ট্যান্স ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়, যদি তাহার সমান আর বিপরীতমুখী অন্য কোন তড়িৎ-চাপের প্রভাব ঐ কয়েলে বিস্তার করা যায়, তবে রিয়্যাক্ট্যান্স ভোল্টেজের প্রভাব নষ্ট করিয়া কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া বন্ধ করা যাইতে পারে। ই. এম এফ. কম্যুটেশনে এই পদ্ধতিই অবলম্বন করা হইয়া থাকে।

(ক) ব্রাশসমূহের অবস্থানের পরিবর্তন (Advancing the Brushes)

ডি সি. জেনারেটার যে দিকে ঘোরে, উহার ব্রাশকে যদি সেই দিকে আগাইয়া দেওয়া যায়, তবে কম্যুটেশনের সময় যে কয়েলে শর্ট-সার্কিট হয় তাহা জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষে না থাকিয়া পরবর্তী পোলের অগ্রভাগের সন্নিকটে অবস্থিত থাকে। ইহাতে ঐ পোলের দ্বারা কয়েলে একটি তড়িৎ চাপ উৎপন্ন হয়। ই বাজিতে এই তড়িৎ চাপকে "কম্যুটেটিং ই. এম. এফ." (Commutating e. m. f.) বলে। কম্যুটেটিং তড়িৎ-চাপ রিয়্যাক্ট্যান্স ভোল্টেজের সমপরিমাণ আর বিপরীতমুখী হয় বলিয়া শর্ট সার্কিট কয়েলের তড়িৎ-প্রবাহ যখন দিক পরিবর্তন করে, তখন সেই কাজে ইহা সহায়ক হয়, আর কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া কম রাখিতেও ইহা যথেষ্ট সাহায্য করে। কিন্তু নানা কারণেই ডি. সি. মেসিনে এই পদ্ধতির ব্যবহার তেমন সুবিধাজনক হয় না। যেমন—

(৴০) রিয়্যাক্ট্যান্স ভোল্টেজ আর্মেচার-কারেন্টের সমানুপাতি বলিয়া লোড পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে ব্রাশের অবস্থানেরও পরিবর্তন করিতে হয়, নচেৎ কম্যুটেটিং তড়িৎ-চাপ রিয়্যাক্ট্যান্স ভোল্টেজের সমান থাকিতে পারে না। তাই যতবার মেসিনে লোড কম-বেশী হয়, ততবারই প্রয়োজনমত ব্রাশকে আগাইয়া অথবা পিছাইয়া দিতে হয়।

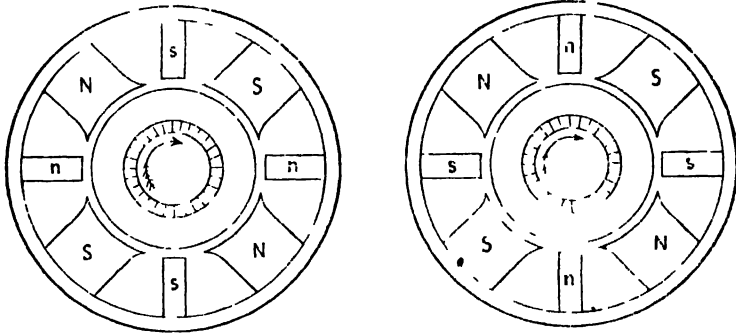
(১০) মেসিনের লোড যত বাড়িতে থাকে, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার চুম্বক-রেখা বিকৃতিকারী অংশ পোলের অগ্রভাগের চুম্বক-ক্ষেত্রকে ততই দুর্বল করিয়া ফেলে। ফলে ব্রাশকে আরও বেশী করিয়া আগাইয়া দিতে হয়। ইহাতে আবার আর্মেচারের চুম্বক বল-হ্রাসকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ এত বেশী বৃদ্ধি পায় যে, সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ সমান রাখিবার জন্য ফান্ড-কয়েল দিয়া তখন অধিক পরিমাণে কারেণ্ট পাঠাইবার প্রয়োজন হইয়া পড়ে।

এই সকল কারণেই ব্রাশের অবস্থান পরিবর্তন করা অপেক্ষা মেসিনে ইণ্টারপোল ব্যবহার করা অধিকতর সুবিধাজনক বলিয়া বিবেচিত হয়।

(খ) ইণ্টারপোল বা সহায়ক পোল বা কম্যুটেটিং পোল (Interpoles or Auxiliary Poles or Commutating Poles)

আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য মেসিনের চুম্বক বলরেখা বাঁকিয়া যায় বলিয়া, আর কম্যুটেশনের সময় আর্মেচার-কয়েলে প্রতিকরণ চাপ বা রিয়্যাক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ আবিষ্ট হয় বলিয়া, কম্যুটেটারে আগুন দেয়। এই অবস্থার প্রতিকারের এক উপায় হইতেছে দুই পোলের ঠিক মাঝখানে একটি করিয়া ছোট সহায়ক পোল বা ইণ্টারপোল ব্যবহার করা। ইণ্টারপোল আর্মেচার-চুম্বকত্বের প্রতিক্রিয়াকে বিনষ্ট করিয়া বাঁকিয়া যাওয়া বলরেখাকে স্বাভাবিক অবস্থানে ঠেলিয়া দেয়, আর সঙ্গে সঙ্গে এমন একটি বিপরীতমুখী চুম্বক-ক্ষেত্র (Commutating field) সৃষ্টি করে যাহার দ্বারা সর্ট-সারকিট হওয়া আর্মেচার-কয়েলে প্রতিকরণ চাপ প্রশমিত হয়। যেহেতু আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া আর রিয়্যাক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ, উভয়েই আর্মেচার-কারেণ্টের সমানুপাতি, সেইজন্য ইণ্টারপোলের কয়েলগুলি আর্মেচারের সহিত সিরিজে যোগ করা থাকে। ইহাতে লোড বৃদ্ধি পাইলে ইণ্টারপোলের প্রখরতা আপনা হইতেই বাড়ে, আর লোডের পরিমাণ কমিলে ইণ্টারপোলের প্রখরতা আপনা হইতেই কমে। কয়েলগুলি সিরিজে যোগ করা থাকে বলিয়া অল্প সংখ্যক পাকের মোটা তার ব্যবহার করিয়া এই কয়েল তৈরী করা হয়। কারেণ্ট খুব বেশী হইলে তারের পরিবর্তে কোথাও কোথাও মোটা তামার পাটি (heavy copper strip) দিয়াও কয়েল তৈরী করা হইয়া থাকে।

ইণ্টারপোল বা কম্যুটেটিং পোল ব্যবহার করিবার প্রধান উদ্দেশ্য এই যে, মেসিন পূরা লোডসহ (এমন কি অতিরিক্ত লোডেও) চলিবার সময় কম্যুটেটারে যেন আগুন না দেয়; কেননা কম্যুটেটারে আগুন দিতে আরম্ভ করিলে আর সে মেসিনে বেশী লোড দেওয়া চলে না। কোন্ মেসিন কত লোড লইয়া চলিতে পারে, তাহা নির্ভর করে মেসিনের উত্তাপ বৃদ্ধির (heating) উপর, আর কম্যুটেটারে আগুন দেওয়ার (sparking) উপর। এই দুইয়ের মধ্যে, উত্তাপ বৃদ্ধি পাইলে যদিও বা মেসিনকে কিছুক্ষণ সেই লোডে চালানো যায়, কিন্তু কম্যুটেটারে বড় বেশী আগুন দিতে আরম্ভ করিলে তখনই লোড কমাইতে হয়, নইলে কম্যুটেটার নষ্ট হইয়া যায়। কম্যুটেটারে আগুন তখনই দেয়, যখন, যে কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্ট ব্রাশের তলা হইতে বাহির হইয়া যায় তাহার

সহিত যে আর্মেচার-কয়েলের লুপ ঝালাই করা আছে, সেই কয়েল দ্বারা তখনও চুম্বক-রেখা কর্তিত হইতে থাকে, আর এই কর্তন তখনই সম্ভব হয়, যখন মেসিনে লোড সংযোগের ফলে চুম্বক বলরেখা বাঁকিয়া যায়, অর্থাৎ আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য মেসিনের চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষ (magnetic neutral axis) স্থানচ্যুত হয়। ইহার প্রতিকার, বিকৃত বলরেখাকে আবার তাহার স্বাভাবিক অবস্থানে ঠেলিয়া দেওয়া। তখন আর ব্রাশের দ্বারা সর্ট-সারকিট হওয়া আর্মেচার-কয়েল বলরেখা কর্তন করিতে পারে না, ফলে কম্যুটেটারেও আগুন দেয় না। এই অবস্থায় মেসিনে কত লোড দেওয়া যাইতে পারে, তাহা নির্ভর করে মেসিনের উত্তাপের উর্দ্ধসীমার (heating limit) উপর। যদি মেসিনের ভিতর দিয়া উপযুক্তরূপ হাওয়া চলাচল (ventilation) করিতে পারে, কিংবা অন্য কোন উপায়ে মেসিনকে ঠাণ্ডা রাখার ব্যবস্থা (cooling arrangement) করা যায়, তবে তাহার উপর আরও বেশী লোড চাপানো সম্ভব হয়। সেইজন্য একই আকারের সহায়ক পোল-ওয়ালা মেসিন সহায়ক পোল-বিহীন মেসিন অপেক্ষা অধিক লোড সহ চলিতে পারে, আর ইহাতে মেসিনের কর্মক্ষমতাও (efficiency) বৃদ্ধি পায়।

N ও S প্রধান পোলের উত্তর ও দক্ষিণ মেরু
n ও s ইন্টার পোলের উত্তর ও দক্ষিণ মেরু

(ক) ডি. সি. জেনারেটারে প্রধান পোল আর ইন্টারপোলের অবস্থান।

(খ) ডি. সি. মোটরে প্রধান পোল আর ইন্টারপোলের অবস্থান।

৩৩নং চিত্র

ইন্টারপোল-ওয়ালা মেসিনে ব্রাশ ঠিক জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষে (geometrical neutral axis) বাঁধা থাকে। লোড বেশী বা কম হইলে তখন ব্রাশকে রকারের সাহায্যে সরাইতে হয় না। এই পোলগুলি দুইটি দুইটি প্রধান ফীল্ড-পোলের (main field poles) ঠিক মাঝখানে থাকে। প্রধান পোলের মত সহায়ক পোলের মেরুত্বও (polarity) পর্যায়ক্রমে একটি উত্তর (north) আর একটি দক্ষিণ (south) হয়।

জেনারেটারের ক্ষেত্রে মেসিন যে দিকে ঘুরিতেছে সেই দিকে পরে অর্থাৎ সম্মুখের দিকে যে প্রধান পোল রহিয়াছে, তাহার মেরুত্বের অনুরূপ সহায়ক পোলের মেরুত্ব হইয়া থাকে। মোটরের ক্ষেত্রে হয় ইহার ঠিক বিপরীত। মোটর যে দিকে ঘোরে সেই দিকে ঠিক আগে অর্থাৎ পিছনের দিকে যে প্রধান পোল রহিয়াছে, তাহার মেরুত্বের অনুরূপ সহায়ক পোলের মেরুত্ব হয়। ৩৩নং চিত্রে ইহাই দেখানো হইয়াছে।

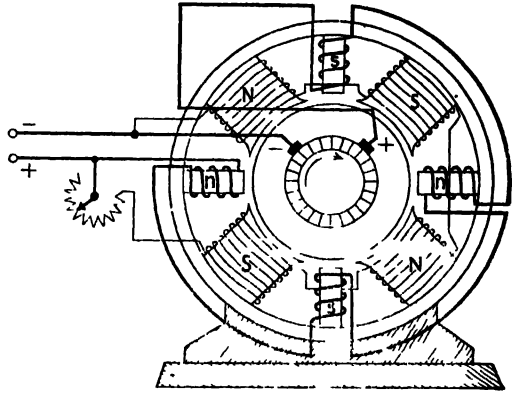
ডি. সি. মেসিনে সহায়ক পোল ব্যবহার করা আজকাল এক রকম সর্বজনসম্মত ব্যাপার (standard practice) হইয়া গিয়াছে। ৩৩নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইভাবে যতগুলি প্রধান পোল ততগুলি ইণ্টারপোল দিলেও চলে, আবার তাহার অর্ধেক দিলেও কাজ হয়। সহায়ক পোল না থাকিলে ফীল্ড-পোলের শূ সাধারণতঃ পোল-পিচের ০.৬৫ হইতে ০.৭৫ ভাগ জুড়িয়া থাকে, কিন্তু ইণ্টারপোল থাকিলে উহারা ০.৬৫ ভাগ জুড়িয়া অবস্থান করে। সহায়ক পোলের শূ-এর লম্বাই প্রধান পোল-শূ-এর লম্বাইয়ের সমান হয়, তবে ইহা কিছু কম রাখিলেই ভাল ফল পাওয়া যায়, কারণ ব্রাশের দ্বারা যে আর্মেচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট হয়, এই ব্যবস্থাতে সেই কয়েলে ইণ্ডাক্‌ট্যান্স কম জন্মায়।

প্রধান পোলের তুলনায় ইণ্টারপোল আর আর্মেচারের মধ্যে হাওয়ার ফাঁকের দৈর্ঘ্য বেশী রাখাই নিয়ম। ইহাতে ঐ অংশে চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রতিবন্ধ (reluctance) সর্বদা সমান থাকে, আর সহায়ক পোলের চুম্বকত্বের প্রখরতা লোডের সকল অবস্থাতেই আর্মেচার-কারেণ্টের সমানুপাতি হয়। যতগুলি প্রধান পোল, যদি ততগুলি ইণ্টার-পোল ব্যবহার করা হয়, তবে সাধারণতঃ প্রতি পোলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের সংখ্যা প্রধান পোলের সংখ্যার ১.২৫ হইতে ১.৩৫ গুণ থাকে। অভিজ্ঞতা হইতে দেখা গিয়াছে যে, এই রকম ব্যবস্থা হইলেই ইণ্টারপোল ঠিক কাজ দেয়। আর যদি ইণ্টারপোলের সংখ্যা প্রধান পোলের সংখ্যার অর্ধেক হয়, তবে প্রতি পোলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের সংখ্যা প্রধান পোলের সংখ্যার তুলনায় দ্বিগুণ থাকে।

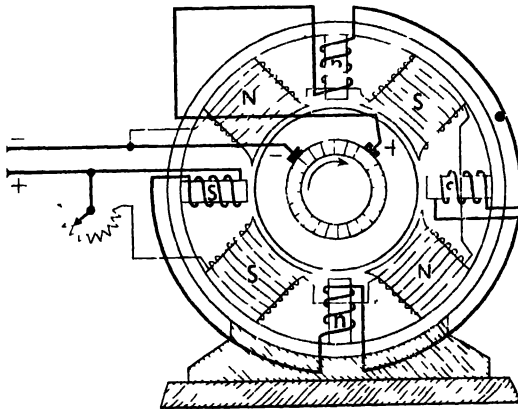
উদাহরণ ২-২। (ক) একটি ফোর-পোল ইণ্টারপোল সাণ্ট জেনারেটার এবং একটি ফোর-পোল ইণ্টারপোল সাণ্ট মোটরের মেনপোল ও ইণ্টারপোলগুলি যথাক্রমে দুইটি বিভিন্ন নকশাতে দেখাইয়া উহাতে পোলগুলির পোলারিটি ও মেনপোল এবং ইণ্টারপোলগুলির এক্‌সাইটিং কয়েলের আর্মেচারের সঙ্গে কানেকশন দেখাও।

(খ) যদি একটি ইণ্টারপোল সাণ্ট মোটরের রোটেশনের ডিরেকশন আর্মেচারের সঙ্গে ফিল্ড সারকিটের কানেকশন পরিবর্তন করিয়া বিপরীত দিকে করা হয় তাহা হইলে ইণ্টার-পোলগুলির এক্‌সাইটিং কয়েলের কানেকশনে পরিবর্তন করিতে হইবে কি?

(Elec. Super., December, 1965)

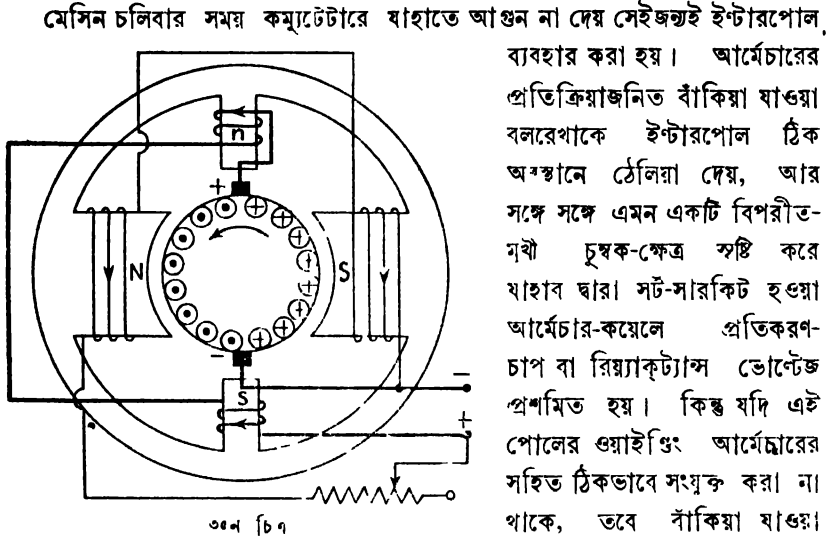
(ক) নীচে ৩৪(ক নং চিত্রে একটি জেনারেটার ও ৩৪(খ)নং চিত্রে একটি মোটরের বিভিন্ন পোলের মেরুত্ব এবং আর্মেচারের সহিত ঐ সকল পোলের এক্‌সাইটিং-কয়েলের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

৩৪(ক)নং চিত্র

মেসিন যে-দিকে ঘুরিতেছে সেইদিকে পরে যে প্রধান পোল রহিয়াছে তাহার যে মেরুত্ব, জেনারেটারের ক্ষেত্রে ইণ্টারপোলের মেরুত্বও তাহাই হইবে। মোটরের ক্ষেত্রে হইবে ইহার ঠিক বিপরীত। N-দ্বারা প্রধান পোলের উত্তর মেরু আর S-দ্বারা দক্ষিণ মেরু, এবং n-দ্বারা ইণ্টারপোলের উত্তর মেরু আর s-দ্বারা দক্ষিণ মেরু বুঝানো হইয়াছে।

(খ) আর্মেচারের সহিত ফীল্ড সারকিটের সংযোগ পরিবর্তন করিয়া দিলে প্রধান পোলের মেরুত্ব বদলাইয়া যায়, অর্থাৎ উত্তর মেরু দক্ষিণ মেরুতে আর দক্ষিণ মেরু উত্তর মেরুতে পরিণত হয়। তখন মোটর বিপরীত দিকে ঘুরিতে আরম্ভ করে। এখন, মোটরের ক্ষেত্রে ইণ্টারপোলের মেরুত্ব মেসিন যে-দিকে ঘোরে সেই দিকে ঠিক আগের অর্থাৎ পশ্চাতে অবস্থিত প্রধান পোলের মেরুত্বের অনুরূপ হইয়া থাকে। সুতরাং প্রধান পোলের মেরুত্ব ও মোটরের গতির অভিমুখ, উভয়ই পরিবর্তিত হওয়াতে এক্ষেত্রে ইণ্টারপোলের মেরুত্ব অপরিবর্তিত থাকিবে। অতএব আর্মেচারের সহিত ইণ্টারপোলগুলির এক্‌সাইটিং কয়েলের সংযোগ পরিবর্তন করিবার কোন প্রয়োজন হইবে না।

৩৪ (খ) নং চিত্র

উদাহরণ ২-৩। ইণ্টারপোলস্ বলিতে কি বুঝ? উহাদের কার্যাবলী বর্ণনা কর। উহাদের ওয়াইণ্ডিং কি ভাবে সংযোগ করা হয় ওয়্যারিং ডায়াগ্রামের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও। কম্যুটেটিং পোল ওয়াইণ্ডিং, যদি ভুল কনেকশন্ করা হয়, তবে তাহার ফলাফল কি হইবে?

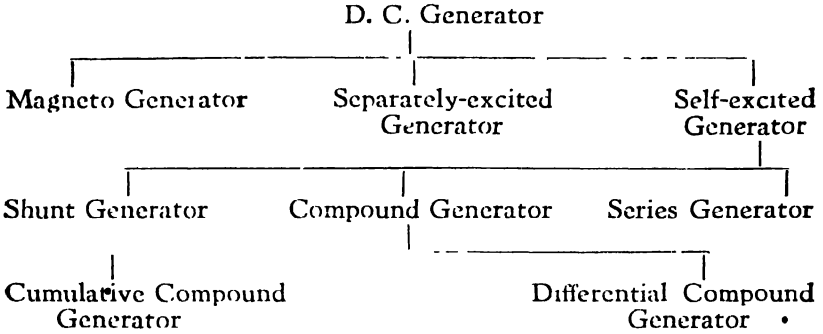
(Elec. Super., July, 1967)

ইন্টারপোল ও তাহাদের কার্যাবলী সম্বন্ধে বর্ণনা ইতিপূর্বেই দেওয়া হইয়াছে। ৩৫নং চিত্রে একটি দুই পোলের ডি. সি. জেনারেটার, উহার দুইটি ইন্টারপোল এবং আর্মেচারের সহিত এই পোলের কয়েলের সংযোগ দেখানো হইল।

মেসিন চলিবার সময় কম্যুটেটারে যাহাতে আগুন না দেয় সেইজন্যই ইন্টারপোল ব্যবহার করা হয়। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়াজনিত বাঁকিয়া যাওয়া বলরেখাকে ইন্টারপোল ঠিক অবস্থানে ঠেলিয়া দেয়, আর সঙ্গে সঙ্গে এমন একটি বিপরীত-মুখী চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করে যাহার দ্বারা সর্ট-সারকিট হওয়া আর্মেচার-কয়েলে প্রতিকরণ-চাপ বা রিয়্যাক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ প্রশমিত হয়। কিন্তু যদি এই পোলের ওয়াইণ্ডিং আর্মেচারের সহিত ঠিকভাবে সংযুক্ত করা না থাকে, তবে বাঁকিয়া যাওয়া বলরেখা আরও বেশী করিয়া বাঁকিবে, এবং সর্ট-সারকিট হওয়া কয়েলে প্রতিকরণ-চাপ আরও অধিক বলশালী হইয়া উঠিবে। ফলে ইন্টারপোল না থাকিলে কম্যুটেটারে যতটা আগুন দিত, এক্ষেত্রে মেসিন চলিবার সময় তাহা অপেক্ষাও বেশী আগুন দিতে থাকিবে। অগ্নিবলয়ের দ্বারা কম্যুটেটারের উপরিভাগ আবৃত হইয়া যাইবে, এবং যতক্ষণ না এই সংযোগ ঠিক করিয়া দেওয়া হইবে, ততক্ষণ পর্যন্ত মেসিনের পরিচালনা বন্ধ রাখিতে হইবে।

৩৫নং চিত্র

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

বিভিন্ন শ্রেণীর জেনারেটার ও তাহাদের বিশেষত্ব

(Different types of Generators and their Characteristics)

৩-১। ডি. সি. জেনারেটারের শ্রেণীবিভাগ (Classification of D. C. Generators)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কোন জেনারেটারে তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে হইলে যে-দুইটি অংশ একান্তভাবে প্রয়োজন হয়, তাহাদের একটি আর্মেচার এবং অন্যটি ফীল্ড। ফীল্ড চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করে, আর আর্মেচার উহার বলরেখা ছেদন করে; তাহাতেই আর্মেচারের কয়েলে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়। ফীল্ড বা চুম্বক-ক্ষেত্র উৎপন্ন করা যায় তিন উপায়ে; যথা—

(১) স্থায়ী চুম্বক (permanent magnet) ব্যবহার করিয়া,

(২) বাহিরের অন্য কোন জায়গা হইতে অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ (direct current) জেনারেটারের ফীল্ড-কয়েলে পাঠাইয়া, এবং

(৩) মেসিনের আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহের সমগ্র অথবা কিছু অংশ উহার নিজের ফীল্ড-কয়েল দিয়া পাঠাইয়া।

এই তিন উপায় অবলম্বন করিয়া যে তিন শ্রেণীর জেনারেটারের উদ্ভব হইয়াছে, ইংরাজিতে তাহাদের যথাক্রমে,

(১) ম্যাগ্‌নেটো জেনারেটার বা ম্যাগ্‌নেটো ডাইনামো (সংক্ষেপে ম্যাগ্‌নেটো),

(২) সেপ্যারেট্‌লি-এক্সাইটেড জেনারেটার, আর

(৩) সেল্‌ফ-এক্সাইটেড্ জেনারেটার,

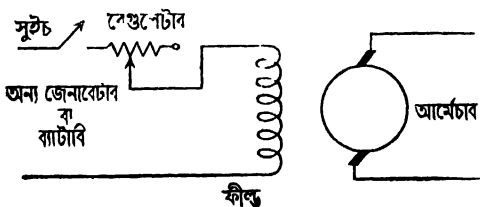
বলা হইয়া থাকে।

স্থায়ী চুম্বক কেবলমাত্র খুব ছোট আকারের ডাইনামো তৈরী করিতেই ব্যবহার করা হয়। অয়েল ইঞ্জিন, গ্যাস ইঞ্জিন আর মোটর গাড়ীর ইঞ্জিনে আগুনের ফুলকি

(spark) দেওয়া, সাইকেলে (bicycle) আলো জ্বালানো, প্রভৃতি কাজে এই শ্রেণীর ডাইনামো যথেষ্ট ব্যবহার করা হয়। তবে অন্য কোন কাজে ইহার ব্যবহার বিশেষ দেখা যায় না। ম্যাগ্‌নেটো ডাইনামোর আর এক অসুবিধা, যত দিন যায় তত ইহার চুম্বকের কিছু কিছু বলক্ষয় হইতে থাকে। বিশেষতঃ এই কারণেই বড় মেসিন তৈরী করিবার পক্ষে স্থায়ী চুম্বকের ব্যবহার উপযোগী নহে।

৩৬নং চিত্রে একটি ম্যাগনেটো ডাইনামোর ফীল্ডের গঠন এবং উহার আর্মেচারের অবস্থান দেখানো হইয়াছে।

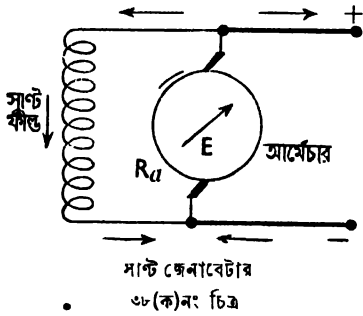
ম্যাগনেটো ডাইনামো
৩৬নং চিত্র

সেপ্যারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটারের প্রধান অসুবিধা এই যে, উহার ফীল্ড-কয়েলে তড়িৎ সরবরাহ করিবার জন্য অন্য কোন জেনারেটার বা ব্যাটারির প্রয়োজন হয়। ইহাতে মেসিন পরিচালনার খরচও বৃদ্ধি পায়। তবে এই জাতীয় জেনারেটার অনেক আছে, আর 'বুস্টার' (booster), ডিজেল-ইলেকট্রিক দ্বারা পরিচালিত রেলের ইঞ্জিন (diesel-electric locomotive engine), প্রভৃতিতে ইহার যথেষ্ট ব্যবহারও দেখা যায়। ৩৭নং চিত্রে এই জেনারেটারের আর্মেচার ও ফীল্ডের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

সেপ্যারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটার
৩৭নং চিত্র

তিন শ্রেণীর ডাইনামোর মধ্যে সেলফ্‌-এক্সাইটেড জেনারেটারের ব্যবহারই সর্বাপেক্ষা অধিক। প্রথম দুই শ্রেণীর মেসিন ব্যবহার করিতে গেলে যে-সকল অসুবিধা দেখা দেয়, এই জেনারেটার পরিচালনা করার সময় সেইরূপ কোন অসুবিধা ভোগ করিতে হয় না। মেসিন নিজে যে তড়িৎ উৎপন্ন করে, তাহাই উহার ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হয় বলিয়া এই যোসনকে ইংরাজিতে "সেলফ্‌-এক্সাইটেড জেনারেটার" (self-excited generator) বলে। এই জাতীয় ডাইনামোর আবার তিনটি বিভাগ আছে। কিভাবে আর্মেচারের সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ থাকিবে, তাহার উপরেই ইহাদের নাম ও আচরণের পার্থক্য নির্ভর করে।

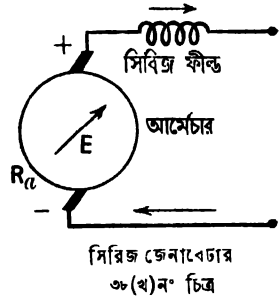
প্রত্যেক মেসিনেই জোড়া-জোড়া (যেমন, এক জোড়া, দুই জোড়া, ইত্যাদি) পোল থাকে। এই সকল পোলের গায়ে যে কয়েলসমূহ জড়ানো হয়, সকল শ্রেণীর

মেসিনেই সেই কয়েলগুলি পরস্পরের সঙ্গে সিরিজে যোগ করা থাকে। সংযোগ এমনভাবে করা হয় যাহাতে পোলগুলি পর্যায়ক্রমে উত্তর ও দক্ষিণ মেরু উৎপন্ন করিতে পারে। কিন্তু আঁকার কাজে সুবিধা হয় বলিয়া চিত্রে একটি কয়েলের সাহায্যেই সবকয়টি কয়েলকে বুঝানো হইয়া থাকে।

সেলফ্-এক্সাইটেড্ জেনারেটারে আর্মেচারের সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ তিন প্রকারে সম্পাদিত হইতে পারে। যথা—

(ক) ফীল্ড-কয়েল আর্মেচারের সহিত প্যার্যালেলে সংযুক্ত থাকিতে পারে। সেক্ষেত্রে ফীল্ডকে 'সাণ্ট ফীল্ড' আর মেসিনকে 'সাণ্ট জেনারেটার' (Shunt Generator) বলা হয়। ৩৮(ক)নং চিত্রে একটি সাণ্ট জেনারেটারের ফীল্ড-কয়েল আর আর্মেচারের মধ্যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

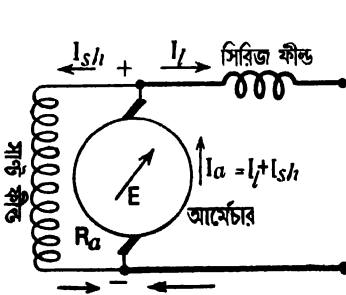
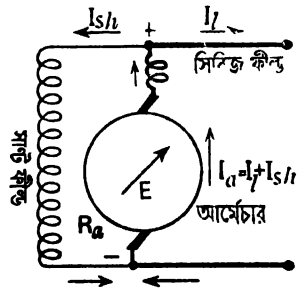
সাণ্ট জেনারেটার
৩৮(ক)নং চিত্র

(খ) ফীল্ড কয়েল আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হইতে পারে। তখন ফীল্ডকে 'সিরিজ ফীল্ড' আর মেসিনকে 'সিরিজ জেনারেটার' (Series Generator) বলা হয়। ৩৮(খ)নং চিত্রে এইরূপ একটি জেনারেটারের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

সিরিজ জেনারেটার
৩৮(খ)নং চিত্র

(গ) ফীল্ডের প্রতি পোলে দুইটি করিয়া কয়েল জড়াইয়া উহাদের একটিকে আর্মেচারের সহিত প্যার্যালেলে আর অন্যটিকে আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত করা যায়। তখন ফীল্ডকে 'কম্পাউণ্ড ফীল্ড' আর মেসিনকে 'কম্পাউণ্ড জেনারেটার' (Compound

(ক) সট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার

(খ) লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার

৩৯নং চিত্র

Generator) বলা হয়। ৩৯নং চিত্রে কম্পাউণ্ড জেনারেটারের দুই রকম সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এই দুইয়ের যে-কোন এক রকম সংযোগ হইলেই মেসিন কম্পাউণ্ড জেনারেটার হয়, তবে সংযোগ-বিভিন্নতার জন্য ফীল্ড-কয়েল দুইটিতে প্রবাহ-মাত্রার কিছু তারতম্য হইয়া থাকে।

৩৯(ক)নং চিত্রে মেসিনের যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে তাহাকে 'সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড' (Short-Shunt Compound), আর ৩৯(খ)নং চিত্রে দেখানো মেসিনকে 'লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড' (Long-Shunt Compound) জেনারেটার বলে। সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটারে সাণ্ট-ফীল্ড সরাসরি আর্মেচারের দুই প্রান্তের মধ্যে সংযুক্ত থাকে, কিন্তু লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটারে সাণ্ট ফীল্ড সিরিজ ফীল্ডের বাহিরে মেসিনের দুই টার্মিন্যালের মধ্যে যুক্ত থাকে। এইরূপ সংযোগের ফলে আর্মেচার হইতে যে পরিমাণ তড়িৎ বাহির হয়, লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মেসিনে তাহার সমস্তটাই সিরিজ ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হইতে পারে, কিন্তু সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মেসিনে পূর্বেই কিছু কারেণ্ট সাণ্ট ফীল্ডে চলিয়া যায় বলিয়া, বাকী যাহা থাকে তাহাই সিরিজ ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হয়।

কম্পাউণ্ড জেনারেটারে সাণ্ট আর সিরিজ—এই উভয় প্রকার ফীল্ড-কয়েলই ব্যবহার করা হয়। সেইজন্য এই জেনারেটারে সাণ্ট আর সিরিজ জেনারেটারের একত্র সমাবেশ ঘটিয়াছে। এখন, সিরিজ কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের অভিমুখ অনুসারে (অর্থাৎ ঐ কয়েল সংযোগ করার রকম হিসাবে) ঐ কয়েলে উৎপন্ন চুম্বকত্ব সাণ্ট কয়েলে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে আরও বাড়াইয়া তুলিতেও পারে, আবার তাহার চুম্বকত্বকে কিছু হ্রাস করিতেও পারে। সিরিজ ফীল্ডের এই কাজ স্মরণে রাখিয়াই কম্পাউণ্ড জেনারেটারকে দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে—

(৵০) যে জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ড উহার সাণ্ট ফীল্ডের সহায়ক হয়, অর্থাৎ যে জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্ব উহার সাণ্ট ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে আরও বাড়াইয়া তোলে, তাহাকে 'কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটার' (Cumulative Compound Generator) বলে; আর

(৵০) যে জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ড উহার সাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দেয়, অর্থাৎ যে জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্ব উহার সাণ্ট ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে হ্রাস করে, তাহাকে 'ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড জেনারেটার' (Differential Compound Generator) বলে।

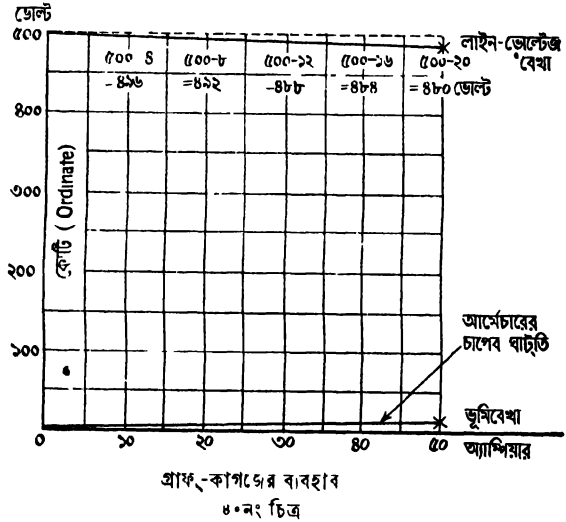
৩-২। ডি. সি. জেনারেটারের বিভিন্ন প্রকার বিশিষ্টতা (Various Characteristics of D. C. Generators)

ডি. সি. জেনারেটারের বিশিষ্টতা বলিতে উহার কারেণ্ট আর গতিবেগের সহিত ভোল্টেজের যে সম্বন্ধ, তাহাই বুঝায়। এই সম্বন্ধ সাধারণতঃ লেখচিত্রে (graph paper) রেখা আঁকিয়া তাহার সাহায্যে বুঝানো হয়। যে রেখাচিত্র দেখিবামাত্র কোন মেসিনের প্রকৃতিগত বিশিষ্টতা (characteristic) এক মুহূর্তে বুঝা যায়, তাহাকে

মেসিনের বিশিষ্টতা-জ্ঞাপক রেখাচিত্র (সংক্ষেপে "বিশিষ্টতা-রেখাচিত্র") বা ইংরাজিতে "ক্যার্যাক্‌টারিস্‌টিক কার্ভ" (characteristic curve) বলে। এই সকল রেখাচিত্র আঁকিবার সময় অধিকাংশ ক্ষেত্রেই ধরিয়া লওয়া হয় যে, জেনারেটারের গতিবেগ অপরিবর্তিত আছে।

একটি জেনারেটারের বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন পরিমাণের তড়িৎ-চাপ কাজ করে। চাপের এই পরিবর্তনের রেখা যে-ভাবে আঁকা হয় তাহার বর্ণনা ৪০নং চিত্রে দেওয়া হইল। ইহাতে একখানি লেখচিত্র বা গ্রাফ্-কাগজ দেখানো হইয়াছে। এই কাগজ সমান দূরে দূরে রেখা টানিয়া ছোট ছোট সমচতুষ্কোণে ভাগ করা থাকে। সকলের নীচের শয়ান-রেখাকে (horizontal line) **ভূমিরেখা বা ভুজ (Base বা Abscissa)**, আর দাঁড়া বা উল্লম্ব রেখাকে (vertical line) **কোটি (Ordinate)** বলে।

মনে কর, কোন শান্ট জেনারেটার পূর্ণ লোডে ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট দেয়, আর উহার আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স বা রোধ ০·৪ ওম। যখন মেসিন হইতে কোন কারেণ্ট লওয়া না হয় (no-load), তখন আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ (e. m. f.) ৫০০ ভোল্ট থাকে। এমন মেসিনের বিশিষ্টতা-রেখাচিত্র, অর্থাৎ কত কারেণ্টে কত লাইন ভোল্টেজ মেসিন হইতে পাওয়া যাইবে, তাহা আঁকিতে হইবে। মনে কর, মেসিনে সহায়ক পোল বা অন্য কোন চাপের ঘাটতি নাই।

গ্রাফ্-কাগজের ব্যবহার
৪০নং চিত্র

প্রথমে লেখচিত্র বা গ্রাফ্-কাগজের নীচে একটি শয়ান-রেখা টান, ইহা ভূমিরেখা বা ভুজ। আর কাগজের বাঁদিকে একটি দাঁড়া রেখা বা উর্ধ্বাধ রেখা টান, এইটি কোটি। এখন মনে কর, প্রত্যেক ছোট ছোট ভাগকে ৫ অ্যাম্পিয়ার বলিয়া ধরা হইল। ইহাকে স্কেল (scale) বলে, অর্থাৎ এই চিত্রে ৫ অ্যাম্পিয়ার = ১ ছোট ভাগ বলিয়া ধরা হইয়াছে। যত বড় গ্রাফ্-কাগজ আর যত অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট থাকে, স্কেল তাহার উপরেই নির্ভর করে।

এইবার ভোল্টেজের স্কেল ঠিক করিতে হইবে। দেখা যাইতেছে গ্রাফ্-কাগজে ভূমিরেখার উপরে ১০টি ছোট ভাগ আছে ; এদিকে ভোল্টেজের উর্ধসীমা আছে ৫০০। সুতরাং প্রত্যেক ছোট ছোট ভাগ $\frac{৫০০}{১০} = ৫০$ ভোল্ট করিয়া ধরা যাইতে পারে।

ইহাই হইল ভোল্টেজের স্কেল। এখন ৪০নং চিত্রে যেভাবে কারেণ্ট আর ভোল্টেজের রাশিগুলি লেখা হইয়াছে, তাহা দেখ।

স্কেল ঠিক করিবার পরে আর্মেচারে যে পরিমাণ ভোল্টেজের অপচয় ঘটে, তাহার রেখাচিত্র আঁকিবার হিসাব কর। আর্মেচারের রোধ ০'৪ ওম বলিয়া যদি এই আর্মেচার দিয়া যথাক্রমে ১০, ২০, ৩০, ইত্যাদি অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তবে তাহাতে চাপের ঘাটতি (voltage drop) নিম্নলিখিতরূপ হইবে—

আর্মেচারে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ (অ্যাম্পিয়ার)	০	১০	২০	৩০	৪০	৫০
আর্মেচারে চাপের ঘাটতি (ভোল্ট)	০'৪ × ০ = ০	০'৪ × ১০ = ৪'০	০'৮ × ২০ ৮'০	০'৪ × ৩০ ১২'০	০'৪ × ৪০ ১৬'০	০'৪ × ৫০ ২০'০

দেখা যাইতেছে যে, যখন আর্মেচার দিয়া কোন তড়িৎ প্রবাহিত না হয় (অর্থাৎ কারেণ্ট = ০), তখন চাপের অপচয় শূন্য ভোল্ট, আর যখন আর্মেচার দিয়া ৫০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তখন চাপের অপচয় ২০ ভোল্ট হয়। এক্ষেত্রে কারেণ্ট যত বেশী হয়, চাপের ঘাটতিও সেই অনুপাতে বাড়িতে থাকে। সুতরাং ৫০ অ্যাম্পিয়ার দাগের লাইন ধরিয়া উপরের দিকে ২০ ভোল্ট অনুযায়ী বিন্দু হইতে শূন্য পর্যন্ত যদি একটি সরলরেখা টানা যায়, তবে তাহাই আর্মেচারে চাপের ঘাটতির রেখাচিত্র হইবে। ৪০নং চিত্রে নীচের দিকে এই রেখাচিত্র আঁকা রহিয়াছে।

এখন, লোড-শূন্য অবস্থায় যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহা হইতে আর্মেচারের চাপের ঘাটতি বাদ দিলে যেহেতু মেসিনের লাইন-ভোল্টেজ পাওয়া যায়, অতএব

যখন আর্মেচার-কারেণ্ট ১০ অ্যাম্পিয়ার, তখন লাইনের ভোল্টেজ ৫০০ − ৪ = ৪৯৬ ভোল্ট;
" " " ২০ " " " " ৫০০ − ৮ = ৪৯২ " ;
" " " ৩০ " " " " ৫০০ − ১২ = ৪৮৮ " ;
" " " ৪০ " " " " ৫০০ − ১৬ ৪৮৪ " ;
" " " ৫০ " " " " ৫০০ − ২০ − ৪৮০ " ।

এই বিন্দুগুলি লেখচিত্রে বসাইয়া একটি রেখা আঁক। এই রেখাই জেনারেটারের বিশিষ্টতা-রেখাচিত্র হইবে।

যদি গতিবেগ অপরিবর্তিত রাখিয়া জেনারেটার হইতে কারেণ্ট লওয়া ক্রমাগত বাড়ানো যায়, তবে নিম্নলিখিত কারণ দুইটির জন্য উহার লাইন-ভোল্টেজ উত্তরোত্তর কমিতে থাকে। বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার সময় এই দুইটি কারণেরই সমবায়ে মেসিনের মোট চাপের ঘাটতি নিরূপিত হয়। কারণ দুইটি হইতেছে—

(১) আর্মেচার দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে চাপের ঘাটতি (armature resistance drop), এবং

(২) আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার ফলে মেসিনের চুম্বকত্বের অপচয় (due to the demagnetising effect of armature reaction)।

ডি. সি. জেনারেটারের প্রকৃতিগত বিশিষ্টতা তিন রকম :—

(১) লোড-কারেন্ট কম-বেশী হওয়ার সঙ্গে টার্মিন্যাল বা লাইন-ভোল্টেজের সম্বন্ধ ; ইহাকে '**এক্সটার্ণ্যাল ক্যার‍্যাক্‌টারিস্‌টিক্‌**' **(External Characteristic)** বা '**বাহিরের বিশিষ্টতা**' বলে।

(২) আর্মেচার-কারেন্ট কম-বেশী হওয়ার সঙ্গে মেসিনে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের (e. m. f.) সম্বন্ধ ; ইহাকে '**ইণ্টার্ণ্যাল ক্যার‍্যাক্‌টারিস্‌টিক্‌**' **(Internal Characteristic)** বা '**ভিতরের বিশিষ্টতা**' বলে।

(৩) ফীল্ড-কারেন্ট কম-বেশী হওয়ার সঙ্গে মেসিনে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের (e. m. f.) সম্বন্ধ, ইহাকে '**ম্যাগ্‌নেটিক ক্যার‍্যাক্‌টারিস্‌টিক**' **(Magnetic Characteristic)** বা '**চুম্বকীয় বিশিষ্টতা**' বলে।

এই তিন প্রকার বিশিষ্টতার মধ্যে বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখাচিত্রই সর্বাপেক্ষা অধিক প্রয়োজনীয় ; কারণ, কোন্ বিশেষ কাজের পক্ষে কোন্ মেসিন উপযুক্ত বলিয়া বিবেচিত হইবে, তাহা এই রেখাচিত্র হইতেই জানা যায়। এই রেখাচিত্র আঁকিবার জন্য যে পরীক্ষা চালানো হয়, তাহাতে জেনারেটারের গতিবেগ অপরিবর্তিত রাখিয়া প্রথমে উহার লোডের পরিমাণ শূন্য হইতে ক্রমে ক্রমে বাড়াইয়া উর্দ্ধসীমা পর্যন্ত তুলিতে হয়, পরে আবার তাহা ক্রমে ক্রমে কমাইয়া শূন্যে নামাইয়া আনিতে হয়। সেই সঙ্গে জেনারেটারের দুই প্রান্তের মধ্যে একটি ভোল্টমিটার আর লাইনের তারের সঙ্গে সিরিজে একটি অ্যাম্মিটার লাগাইয়া একই সময়ে যন্ত্র দুইটি হইতে যে নির্দেশ পাওয়া যায়, তাহা লিখিয়া রাখিতে হয়। পরে একটি লেখচিত্রের ভূমিরেখায় অ্যাম্মিটারের নির্দেশসমূহ আর কোটিতে ভোল্টমিটারের নির্দেশসমূহ বসাইয়া রেখা আঁকিলেই এক্সটার্ণ্যাল ক্যার‍্যাক্‌টারিস্‌টিক বা বাহিরের বিশিষ্টতা রেখাচিত্র পাওয়া যায়। লোড-কারেন্টের সহিত টার্মিন্যাল-ভোল্টেজের সম্বন্ধ নির্দেশ করে বলিয়া ইহাকে '**লোড্‌ ক্যার‍্যাক্‌টারিস্‌টিক**' **(Load Characteristic)**-ও বলা হইয়া থাকে।

অনেক সময় এমন হয় যে, যতক্ষণ পরীক্ষা চলে ততক্ষণ জেনারেটারের গতিবেগ অপরিবর্তিত রাখা সম্ভব হয় না ; কিছু কিছু কম-বেশী হইতে থাকে। নানা কারণে ইহা হইতে পারে। যদি কোন বাষ্পীয় ইঞ্জিনের সাহায্যে জেনারেটারকে চালানো হয়, তবে বাষ্পের চাপ কম-বেশী হওয়ার জন্য গতিবেগ কমিতে বা বাড়িতে পারে। যদি অয়েল ইঞ্জিন দ্বারা জেনারেটার পরিচালিত হয়, তবে দ্রুতি (speed) আরও বেশী পরিবর্তিত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে ; কারণ অয়েল ইঞ্জিনের গতিবেগ সাধারণতঃ বাষ্পীয় ইঞ্জিন অপেক্ষা বেশী পরিবর্তনশীল। আর যদি কোন বৈদ্যুতিক মোটরের সাহায্যে জেনারেটারকে চালানো হয়, তবে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ সামান্য কম-বেশী হইলেই মোটর এবং সেই সঙ্গে জেনারেটারের গতিবেগ পরিবর্তিত হইতে থাকে। এই সকল ক্ষেত্রে ভোল্টমিটার যত নির্দেশ করে, তাহা প্রকৃত গতিবেগের অনুপাতে সংশোধন

করিয়া লইতে হয়। ইহাকে 'সংশোধিত' বা 'শুদ্ধ' মূল্য (corrected value) বলে। উদাহরণস্বরূপ—

যদি কোন জেনারেটার মিনিটে ৫০০ পাক চলিবার জন্য তৈরী হইয়া থাকে, কিন্তু সেই মেসিন কোন এক সময়ে মিনিটে ৪৯০ পাক চলাকালীন ভোল্টমিটারে ২১০ ভোল্ট চাপ দেখায়, তবে উহার সংশোধিত চাপ হইবে

$$২১০ \times \frac{৫০০}{৪৯০} = ২১৪.৩ \text{ ভোল্ট।}$$

প্রত্যেক মেসিন প্রতি মিনিটে কত পাক চলিবার পক্ষে উপযুক্ত, তাহা উহার গায়ে নাম-ফলকে (name plate-এ) লেখা থাকে।

উপরি-উক্ত কারণে যখনই এই পরীক্ষার কাজ সুরু করা হয়, তখনই প্রত্যেকবার আগে জেনারেটারের গতিবেগ দেখিয়া লইয়া তাহা লিখিয়া রাখিতে হয়, পরে অ্যাম্মিটার আর ভোল্টমিটার যথাক্রমে কত লোড-কারেণ্ট আর কত টার্মিন্যাল-ভোল্টেজ নিদেশ করিতেছে, তাহা পড়িতে হয়। একই সময়ে মেসিনের গতিবেগ, কারেণ্ট আর ভোল্টেজ দেখিতে পারিলে তবেই এই পরীক্ষার কাজ সুষ্ঠুভাবে করা যায়। সেইজন্য এই কাজে অন্ততঃ তিন জন লোকের প্রয়োজন হয়। অভাবে, যতশীঘ্র সম্ভব একটির পর একটি যন্ত্রের নিদেশ পড়িয়া লওয়া দরকার। কিন্তু ইহাতে পরীক্ষা একেবারে নির্ভুল না হওয়ার আশঙ্কা থাকে।

যে যন্ত্রের সাহায্যে গতিবেগ মাপা হয়, তাহাকে 'ট্যাকোমিটার' (tachometer) বা 'স্পীডোমিটার' (speedometer) বলে। এই যন্ত্রের ডাঁটি (spindle) আর্মেচার-শাফ্‌টের প্রান্তে একটু চাপিয়া ধরিলেই প্রতি মিনিটে জেনারেটার কত পাক ঘুরিতেছে, তাহা ঘড়ির মত দেখায়।

এই পরীক্ষার সময় রেগুলেটারের সাহায্যে ফীল্ডের উত্তেজন (excitation) কম-বেশী করিতে নাই।

ইণ্টার্ণ্যাল ক্যার‍্যাক্‌টারিসটিক্ বা ভিতরের বৈশিষ্ট্য পরীক্ষার দ্বারা নির্ণয় করা যায় না, কারণ এই রেখাচিত্র আর্মেচার-কারেণ্ট আর তড়িৎ-চাপের মধ্যে সম্বন্ধ নিদেশ করে। একমাত্র সিরিজ জেনারেটার ছাড়া অন্য কোন ডাইনামোতে অ্যাম্মিটার দিয়া সরাসরি আর্মেচার-কারেণ্ট পাওয়া যায় না, আর আর্মেচারের ভিতরে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহাও ভোল্টমিটারের সাহায্যে মাপা চলে না। সেইজন্য এই বিশিষ্টতা-রেখা গ্রাফ্-কাগজের উপর বাহিরের বিশিষ্টতা রেখাচিত্র হইতে হিসাব করিয়া বাহির করিতে হয়। যাহারা জেনারেটার তৈরী করেন, এই রেখাচিত্র কেবলমাত্র তাঁহাদেরই কাজে লাগে।

ম্যাগ্‌নেটিক ক্যার‍্যাক্‌টারিসটিক্ বা চুম্বকীয় বিশিষ্টতা পরীক্ষার দ্বারা নির্ণয় করিতে হইলে জেনারেটারের মেন সুইচ্ খুলিয়া রাখিয়া (on open circuit) উহাকে সমান গতিবেগে পরিচালনা করিতে হয়। এই পরীক্ষার কাজ চলিতে থাকার সময় বাহিরের অন্য কোন জায়গা হইতে অনুবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ আনিয়া ফীল্ড-কয়েল দিয়া পাঠাইতে

হয়, আর ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ কম-বেশী করার সঙ্গে সঙ্গে আর্মেচারে কত তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইতেছে তাহাও মাপিয়া দেখিতে হয়। পরে লেখচিত্রের ভূমিরেখায় ভিন্ন ভিন্ন ফীল্ড কারেন্ট আর কোটিতে সেই সকল কারেন্ট অনুযায়ী আর্মেচারে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয় তাহা বসাইয়া রেখা টানিলেই জেনারেটারের চুম্বকীয় বিশিষ্টতা রেখাচিত্র পাওয়া যায়। মেন সুইচ খুলিয়া রাখিয়া এই রেখাচিত্র নির্ণয় করা হয় বলিয়া ইহাকে **'ওপেন্-সারকিট ক্যার‍্যাক্টারিস্টিক' (Open-circuit Characteristic)**-ও বলে। আবার এই পরীক্ষা হইতে যে রেখাচিত্র পাওয়া যায় তাহার আকার যে লোহা বা ইস্পাতের দ্বারা পোল-কোর তৈরী করা হইয়াছে তাহার সংপৃক্তি রেখার (magnetisation curve) অনুরূপ। সেইজন্য এই রেখাচিত্রকে জেনারেটারের **'স্যাচুরেশন্ কার্ভ' (Saturation Curve)** বা **'সংপৃক্তি রেখা'**ও বলা হইয়া থাকে।

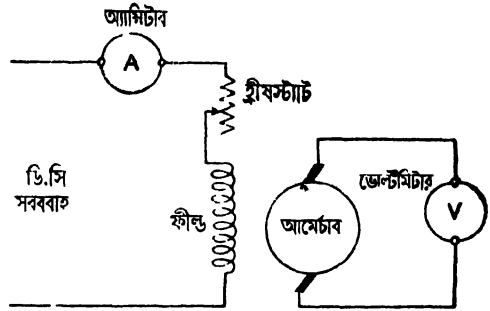
৩-৩। সেপারেট্‌লি-এক্সাইটেড্ জেনারেটার (Separately-Excited Generator)

এই জাতীয় জেনারেটারে ফীল্ড-কয়েলের সহিত আর্মেচারের কোন বৈদ্যুতিক সংযোগ থাকে না, অন্য কোন জেনারেটার বা ব্যাটারি হইতে কারেন্ট লইয়া ফীল্ড-কয়েল দিয়া পাঠাইতে হয়। ৩৭নং চিত্রে এইরূপ একটি জেনারেটারের সংযোগ দেখানো হইয়াছে। মেসিন হইতে পৃথক বলিয়া যতক্ষণ ফীল্ড দিয়া সমানভাবে তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, ততক্ষণ গতিবেগ কম-বেশী না হইলে আর্মেচারে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহাও অপরিবর্তিত থাকে। 'ইলেক্‌ট্রো প্লেটিং' (electro-plating), বৈদ্যুতিক উপায়ে ধাতু পরিশোধন, প্রভৃতি কাজে যেখানে অপেক্ষাকৃত কম ভোল্টেজে খুব বেশী কারেন্টের প্রয়োজন হয়, সেখানে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার পক্ষে সেপারেট্‌লি-এক্সাইটেড্ জেনারেটার বিশেষ উপযোগী। তাহা ছাড়া বাহির হইতে ফীল্ডে কারেন্ট দেওয়া হয় বলিয়া ফীল্ডের উত্তেজন (excitation) খুব দ্রুত নিয়ন্ত্রণ করা চলে। সেইজন্য সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ দ্রুত পরিবর্তন করিয়া যেখানে বৈদ্যুতিক মোটরের গতিবেগ খুব তাড়াতাড়ি কম-বেশী করিতে হয়, সেখানেও মোটরের জন্য এই জাতীয় জেনারেটারের সাহায্যেই বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হইয়া থাকে। 'ওয়াড-লিওনার্ড পদ্ধতি', ডিজেল-ইলেকট্রিক লোকোমোটিভ, জাহাজের প্রপাল্‌সন্ প্রভৃতি পরিচালনার কাজে মোটরের গতিবেগ এইরূপ দ্রুত পরিবর্তন করিবার প্রয়োজন হয়।

(১) জেনারেটারের চুম্বকীয় বিশিষ্টতা বা সংপৃক্তি রেখা নির্ণয় (Determination of Magnetic Characteristic or Saturation Curve of a D. C. Generator)

যে-কোন ডি. সি. মেসিন (উহা জেনারেটারই হউক কিংবা মোটরই হউক) পরিচালনার ব্যাপারেই উহার চুম্বকীয় বিশিষ্টতার বিশেষ প্রভাব আছে। সেইজন্য মেসিন তৈরী করিবার পরেই অতিশয় যত্ন সহকারে এই বিশিষ্টতা নির্ণয় করিতে হয়। পরীক্ষা আরম্ভ করিবার পূর্বে ৪১(ক)নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইভাবে

মেসিনের সহিত মিটার আর সরবরাহ লাইন সংযোগ করিতে হয়। ফীল্ডের সহিত সিরিজে একটি অ্যাম্মিটার, আর আর্মেচারের দুই প্রান্তের মধ্যে একটি ভোল্টমিটার সংযুক্ত থাকে। এই অ্যাম্মিটারের নিদেশ গ্রাফ্-কাগজের ভূমিরেখায় আর ভোল্টমিটারের নির্দেশ কোটিতে বসাইয়া একটি রেখা টানিলেই স্যাচুরেশন্ কার্ভ বা সংপৃক্তি রেখা পাওয়া যায়।

জেনারেটার যে শ্রেণীরই হউক না কেন, সংপৃক্তি রেখা নির্ণয় করিবার জন্য উহাকে সবদাই সেপারেট্‌লি এক্সাইটেড্ জেনারেটার হিসাবে পরিচালনা করিতে হয়। ইহার কারণ দুইটি। প্রথমতঃ, জেনারেটার নিজেই উহার ফীল্ড-কয়েলে তড়িৎ সরবরাহ করিলে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ আর ফীল্ডের কারেণ্ট পরস্পরের উপর নির্ভরশীল হইয়া পড়ে। ইহাতে ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করিতে গেলে আর্মেচারের তড়িৎ-চাপও সেই সঙ্গে পরিবর্তিত হয়, আর তড়িৎ-চাপের এই পরিবর্তন পুনরায় ফীল্ড-কারেণ্টকে পরিবর্তিত করে। ফলে ফীল্ড-কয়েল দিয়া এক নির্দিষ্ট পরিমাণ কারেণ্ট পাঠানো অসম্ভব হইয়া দাঁড়ায়। দ্বিতীয়তঃ, ফীল্ড দিয়া যে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তাহা আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের ক্ষতি সৃষ্টি করে, ফলে ভোল্টমিটারের নির্দেশ আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ চাপ অপেক্ষা সামান্য কিছুটা কম হয়।

সংপৃক্তি রেখা নির্ণয় করিবার জন্য জেনারেটারের সংযোগ
৭৭(ক)নং চিত্র

প্রথমে মেন সুইচ্ খুলিয়া রাখিয়া জেনারেটারকে নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরাইতে হয়। যদি কোন কারণে গতিবেগ সমান রাখা না যায়, তবে ভোল্টমিটারের নির্দেশকে প্রকৃত গতিবেগের অনুপাতে সংশোধন করিয়া লওয়া দরকার। পরীক্ষার সময় লক্ষ্য রাখিতে হয় ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ যেন সবদা একই দিকে পরিবর্তিত হইতে থাকে, অর্থাৎ হয় শূন্যমান হইতে বৃদ্ধি পাইয়া ক্রমে ক্রমে যেন সর্বোচ্চমানে পৌঁছায়, অথবা সর্বোচ্চমান হইতে কমিয়া ক্রমে ক্রমে যেন শূন্যমানে আসিয়া দাঁড়ায়। এইরূপ না করিয়া যদি ফীল্ড-কারেণ্ট একবার বেশী আর একবার কম করা হয়, তবে সংপৃক্তি রেখা টানিবার সময় দেখা যাইবে যে, উহাতে কতকগুলি ছোট ছোট 'হিসটারেসিস্-লুপ' (hysteresis loop) বা 'চুম্বকীয় শৈথিল্য-পর্যায়' সৃষ্টি হইয়াছে।

জেনারেটারের আর্মেচারে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহা ফীল্ডের চুম্বক বলরেখা ও আর্মেচারের গতিবেগ, উভয়ের গুণফলের সমানুপাতি। এখন, আর্মেচারের

গতিবেগ অপরিবর্তিত থাকিলে এই তড়িৎ-চাপ কেবলমাত্র বলরেখারই সমানুপাতি হইবে। আবার চুম্বক বলরেখা ফীল্ডের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ দ্বারা উৎপন্ন হয়। তাই কোন গ্রাফ-কাগজের ভূমি-রেখায় ফীল্ডের ভিন্ন ভিন্ন অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ আর কোটিতে ঐ অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ অনুযায়ী চুম্বক বলরেখা বসাইয়া একটি রেখা টানিলে তাহা ৪১(খ)নং চিত্রে প্রদর্শিত রেখাচিত্রের ন্যায় হইবে। এই রেখাচিত্রই জেনারেটারের 'স্যাচুরেশন্ কার্ভ' নামে পরিচিত। প্রত্যেক ফীল্ডে কিছু-না-কিছু চুম্বকত্বের অবশেষ (residual magnetism) থাকে বলিয়া স্যাচুরেশন্ কার্ভ রেখাচিত্রের শূন্য-বিন্দু হইতে সুরু না হইয়া তাহা অপেক্ষা সামান্য কিছুটা উপরে অন্য কোন বিন্দু হইতে সুরু হয়। প্রথম দিকে উহা একটি সরল রেখার ন্যায় উপরের দিকে উঠিতে থাকে, কিন্তু ফীল্ডের চুম্বক সংপৃক্ত হইতে আরম্ভ করিলেই এই রেখা বাঁকিয়া অবনত হয়। ৪১(খ)নং চিত্রে q-বিন্দুতে ইহা দেখানো হইয়াছে।

৪১(খ)নং চিত্র

কোন জেনারেটারে ফীল্ডের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ হাওয়ার ফাঁকের জন্য কতটা প্রয়োজন, আর মেসিনের লোহার অংশের জন্যই বা কতটা প্রয়োজন, তাহার একটা মোটামুটি হিসাব এই সংপৃক্তি রেখা হইতেই পাওয়া যায়। ৪১(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। মনে কর, সংপৃক্তি রেখার c-বিন্দুতে অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের এই হিসাব বাহির করিতে হইবে। c-বিন্দু হইতে ভুজের সমান্তরাল করিয়া একটি রেখা টান। ইহা কোটিকে a-বিন্দুতে ছেদ করিল। এইবার ভুজ ও কোটির সংযোগ বিন্দু হইতে সংপৃক্তি রেখার স্পর্শক রূপে Ob রেখাটি টান। এই রেখা ac কে b-বিন্দুতে ছেদ করিল। এখন, ab হাওয়ার ফাঁকের জন্য অ্যাম্পিয়ার টার্ণের পরিমাণ, আর bc লোহার অংশের জন্য অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের পরিমাণ নির্দেশ করিবে।

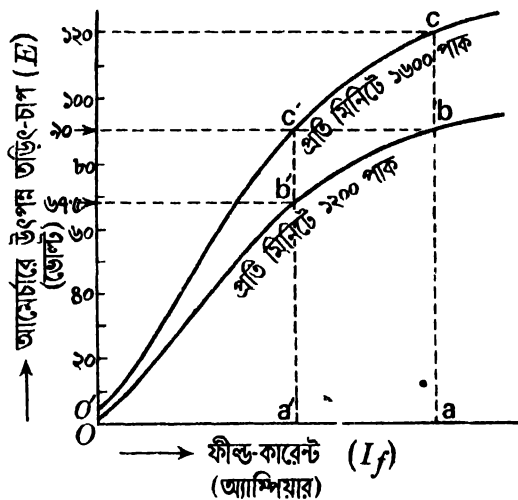
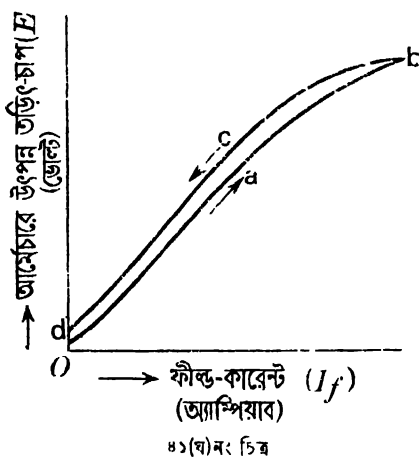
পরীক্ষার দ্বারা চুম্বকীয় বিশিষ্টতা নির্ণয় করিবার সময় রেখাচিত্রের ভুজে অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের পরিবর্তে কেবলমাত্র ফীল্ড-কারেন্ট আর কোটিতে চুম্বক-রেখার পরিবর্তে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ চাপ বসাইয়া রেখা টানা হয়। ইহাতে কিন্তু রেখাচিত্রের বিশিষ্টতা কোন প্রকারেই পরিবর্তিত হয় না। ৪১(গ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।

এই চিত্রে একই জেনারেটারের দুইটি আলাদা সংপৃক্তি রেখা দেখানো হইয়াছে। ফীল্ডের চুম্বক-রেখার সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকিলে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ মেসিনের গতিবেগের সমানুপাতি হয়। সেইজন্য মেসিনের গতিবেগ কম বা বেশী হইলে সংপৃক্তি রেখার অবস্থানেরও পরিবর্তন হইতে থাকে, যদিও ইহাতে রেখার আকৃতিগত বৈশিষ্ট্যের কোন পরিবর্তন ঘটে না। ৪১(গ)নং চিত্রে সংপৃক্তি রেখা দুইটির সাহায্যে এই তথ্যই বুঝানো হইয়াছে। মেসিন যখন প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক ঘোরে তখন পাওয়া যায় 0b′b রেখাচিত্রটি, আর যখন প্রতি মিনিটে ১৬০০ পাক ঘোরে তখন পাওয়া যায় 0′c′c রেখাচিত্রটি। এই দুই রেখাচিত্র এমনভাবে অবস্থিত আছে যাহাতে abc কোটিতে

$$\frac{ab}{ac} = \frac{১২০০}{১৬০০}$$

হয়। সেইরূপ a′b′c′ কোটিতেও

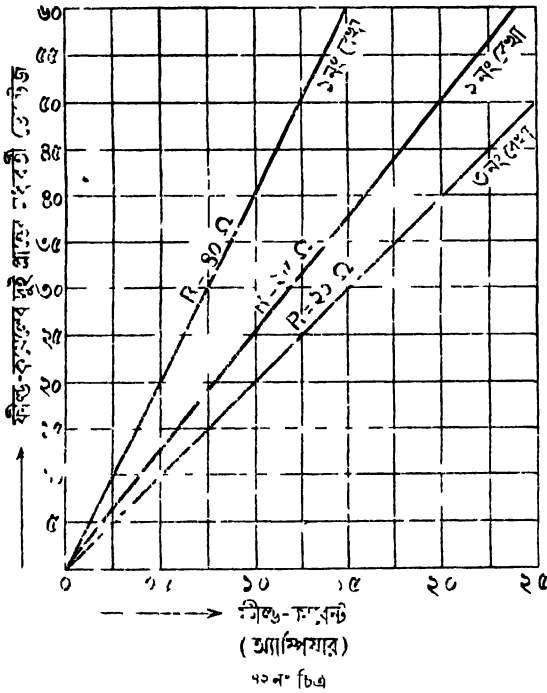
$$\frac{a'b'}{a'c'} = \frac{১২০০}{১৬০০}$$

হইবে।

গতিবেগের পরিবর্তনের জন্য একই জেনারেটারের দুইটি পৃথক সংপৃক্তি রেখা।
৪১(গ)নং চিত্র

৪১(ঘ)নং চিত্র

এখন, জেনারেটারের ফীল্ড-কারেন্ট যদি শূন্যমান হইতে বৃদ্ধি পাইয়া ক্রমে ক্রমে সর্বোচ্চমানে পৌছায়, এবং সর্বোচ্চমান হইতে আবার কমিতে আরম্ভ করিয়া ক্রমে ক্রমে শূন্যমানে চলিয়া আসে, তবে যে ধরনের সংপৃক্তি রেখা পাওয়া যাইবে, তাহা ৪১(ঘ)নং চিত্রে দেখানো হইল। ফীল্ডের কারেন্ট যখন বৃদ্ধি পায়, তখন সংপৃক্তি রেখা Oab হয়, আর ফীল্ডের কারেন্ট যখন কমিতে থাকে, তখন সংপৃক্তি রেখা bcd হয়। তড়িৎ-চুম্বকের চুম্বকীয় শৈথিল্যের জন্যই

সংপৃক্তি রেখার অবস্থান ফীল্ডের কারেণ্ট বাড়িবার সময় একরূপ আর কমিবার সময় অন্যরূপ হইয়া থাকে।

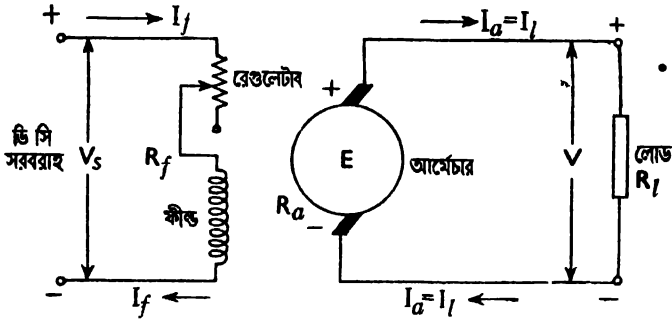
(২) ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স লাইন বা ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখা (Field-Resistance Line)

একটি সাধারণ তড়িৎ বর্তনীতে যদি রোধের (resistance) পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে, তবে উহাতে যে তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হয় তাহা ওমের নিয়ম (Ohm's Law) অনুসারে সবদাই বর্তনীর তড়িৎ চাপের সমানুপাতি হইয়া থাকে। এই কারণে গ্রাফ্-কাগজের ভুজ বরাবর কোন বর্তনীর ভিন্ন ভিন্ন কারেণ্ট (অ্যাম্পিয়ার), আর কোটি বরাবর বর্তনীতে ঐ সকল কারেণ্ট উৎপন্ন করিবার পক্ষে উপযুক্ত তড়িৎ-চাপ (ভোল্ট) বসাইয়া যদি একটি রেখা টানা যায়, তবে তাহা একটি সরলরেখা হইবে। এই রেখাকে ইংরাজিতে 'রেজিস্ট্যান্স লাইন' বলে। ভুজ ও কোটির সংযোগ-বিন্দু (origin) হইতে উৎপন্ন হইয়া এই সরল-রেখা ভোল্টেজ আর কারেণ্ট যত বৃদ্ধি পায়

৪২নং চিত্র

ততই উপরের দিকে উঠিতে থাকে। উদাহরণস্বরূপ, মনে কর কোন বর্তনীর রোধ ২৫ ওম। এই বর্তনী দিয়া ১ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট পাঠাইতে হইলে ২৫ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করা প্রয়োজন, আবার ৫০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করিলে ইহাতে ২ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ পাওয়া যায়, ইত্যাদি। তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের এই সম্বন্ধ ৪২নং চিত্রের ২নং রেখার সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।

এখন, কোন ডি সি. জেনারেটারের ফীল্ড-কয়েল দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহা ভুজে বসাইয়া, আর ফীল্ড-কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে যে ভোল্টেজ থাকে তাহা কোটিতে বসাইয়া, যদি একটি রেখাচিত্র টানা যায়, তবে যে সরলরেখাটি পাওয়া যাইবে তাহা ঐ জেনারেটারের ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স লাইন বা ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখা

হইবে। এই রেখার যে-কোন বিন্দুতে উহার Slope (অর্থাৎ ভুজের সহিত এই রেখা যদি θ° ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করিয়া অবস্থান করে, তবে tan θ) ফীল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্স বা রোধের পরিমাণ নির্দেশ করিবে। রোধের মূল্য যত কম হইবে, এই রেখা ততই ভুজের নিকটবর্তী হইতে থাকিবে, আর রোধ যত বেশী হইবে, এই রেখা ততই কোটির দিকে সরিয়া যাইবে। ৪২নং চিত্রে ১নং, ২নং আর ৩নং—এই তিনটি রেখা লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে। ৩নং রেখা ২০ ওম নির্দেশ করিতেছে বলিয়া উহা ভুজের সর্বাপেক্ষা নিকটে অবস্থিত রহিয়াছে, আর ১নং রেখা ৭০ ওম নির্দেশ করিতেছে বলিয়া উহা কোটির নিকটতম রেখা।

(৩) সেপারেট্‌লি এক্সাইটেড্ জেনারেটারের বিশিষ্টতা (Characteristics of Separately-Excited Generator)

৪৩নং চিত্র

প্রত্যেক ডাইনামোতেই আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা লাইনের ভোল্টেজ কম হয়। মেসিনের যে যে অংশ দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয়, সেই সেই অংশের রোধের জন্যই তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে। রেজিস্ট্যান্সকে কারেন্ট দিয়া গুণ করিলে যে পরিমাণ তড়িৎ-চাপ নষ্ট হয়, তাহা পাওয়া যায়। আবার কম্যুটেটারের উপরে ব্রাশ যদি ঠিকমত বসানো না থাকে, তবে কম্যুটেটারে আগুন দেয়। ইহাতেও তড়িৎ-চাপের ঘাটতি হয়। এই ঘাটতিকে 'ব্রাশ কনট্যাক্ট ড্রপ' (brush contact drop) বা 'ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন' বলে।

এখন মনে কর, E = আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ,

V = লাইন-ভোল্টেজ বা টার্মিন্যাল ভোল্টেজ বা প্রান্তিক চাপ,

I_a = আর্মেচার-কারেন্ট বা জেনারেটারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-প্রবাহ,

I_l = লাইন-কারেন্ট বা লোড-সারকিটের কারেন্ট,

R_a = আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স,

V_s = ফীল্ড-সারকিটের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী ভোল্টেজ,

I_f = ফীল্ড-কারেণ্ট,

R_f = ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স, এবং

R_l = লোড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স।

অতএব ৪৩নং চিত্র অনুযায়ী

(৴০) আর্মেচার আর লোড সিরিজে থাকার জন্য

$I_a = I_l = \frac{V}{R_l}$ অ্যাম্পিয়ার,

(৵০) $E = V + I_a R_a +$ (ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন) ভোল্ট,

আবার ইহা আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ বলিয়া

$E = \phi Z \frac{N}{৬০} \frac{P}{A}$ ভোল্ট,

(৶০) জেনারেটারের আউটপুট বা লোডের জন্য বৈদ্যুতিক-শক্তি $= VI_l$ ওয়াট,

অথবা $\frac{VI_l}{১০০০}$ কিলোওয়াট,

(।০) জেনারেটারে উৎপন্ন মোট বৈদ্যুতিক-শক্তি $= EI_a$ ওয়াট,

অথবা $\frac{EI_a}{১০০০}$ কিলোওয়াট,

(।৴০) $I_f = \frac{V_s}{R_f}$ অ্যাম্পিয়ার,

(।৵০) ডি সি. সরবরাহ হইতে গৃহীত বৈদ্যুতিক-শক্তি $= V_s I_f$ ওয়াট,

অথবা $\frac{V_s I_f}{১০০০}$ কিলোওয়াট,

(।৶০) ফীল্ডের চুম্বক যদি অসংপৃক্ত (unsaturated) হয়, তবে $\phi \propto I_f$।

উদাহরণ ৩-১। একটি সেপারেট্‌লি এক্সাইটেড ডাইনামোর ফীল্ড-কারেণ্ট অপরিবর্তিত রাখিয়া উহার লোডের পরিমাণ ৫০০ কিলোওয়াট হইতে কমাইয়া ২৫০ কিলোওয়াট করা হইল। যদি এই জেনারেটারের টার্মিন্যাল ভোল্টেজ লোডের সকল অবস্থাতেই ৫০০ ভোল্ট থাকে, তবে উহার গতিবেগ শতকরা কত ভাগ কমাইতে হইবে? মেসিনের দুই প্রান্তের মধ্যে ০·০১৫ ওম রেজিস্ট্যান্স আছে, আর উহার আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া নগণ্য।

এখানে $V = ৫০০$ ভোল্ট,

$KW_1 = ৫০০$,

$KW_2 = ২৫০$, আর

$R_a = ০·০১৫$ ওম।

ফীল্ডের কারেণ্ট অপরিবর্তিত থাকায় আর আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া নগণ্য হওয়াতে প্রতি পোলের চুম্বক-রেখাও (অর্থাৎ ϕ) অপরিবর্তিত থাকিবে। আর এই উদাহরণে যেহেতু ব্রাশে তাড়ৎ-চাপের পতন সম্বন্ধে কোন উল্লেখ নাই, অতএব তাহা অগ্রাহ্য করিতে হইবে।

মেসিনের লোড যখন ৫০০ কিলোওয়াট, তখন লোড-কারেণ্ট

$$I_{l_1} = \frac{KW_1 \times ১০০০}{V} = \frac{৫০০ \times ১০০০}{৫০০} = ১০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

কিন্তু সেপারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটারে আর্মেচার-কারেণ্ট = লোড-কারেণ্ট।

$\therefore \quad I_{a_1} = I_{l_1}$ = ১০০০ অ্যাম্পিয়ার।

অতএব আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ চাপ

$E_1 = V + I_{a_1}R_a$ = ৫০০ + ১০০০ × ০·০১৫ = ৫১৫ ভোল্ট।

এই অবস্থায় আর্মেচারের গতিবেগ যদি N_1 (r p m) হয়, তবে ϕ অপরিবর্তিত থাকার জন্য

$$E_1 \propto N_1$$

হইবে।

যখন লোডকে কমাইয়া ২৫০ কিলোওয়াট করা হইল তখন লোড-কারেণ্ট

$$I_{l_2} = \frac{KW_2 \times ১০০০}{V} = \frac{২৫০ \times ১০০০}{৫০০} = ৫০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

সুতরাং $I_{a_2} = I_{l_2}$ = ৫০০ অ্যাম্পিয়ার।

অতএব $E_2 = V + I_{a_2}R_a$ = ৫০০ + ৫০০ × ০·০১৫ = ৫০৭·৫ ভোল্ট।

এখন যদি আর্মেচারের গতিবেগ কমিয়া N_2 (r p m) হয়, তবে

$$E_2 \propto N_2$$

হইবে।

গতিবেগ যতটা কমিল তাহার পরিমাণ প্রতি মিনিটে = $(N_1 - N_2)$ পাক।

সুতরাং গতিবেগ শতকরা যত ভাগ কমিল তাহার পরিমাণ

$$\frac{N_1 - N_2}{N_1} \times ১০০ = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times ১০০$$

$$= \frac{৫১৫ - ৫০৭·৫}{৫১৫} \times ১০০$$

$$= \frac{৭·৫ \times ১০০}{৫১৫}$$

$$= ১·৪৫৬ \text{ ।}$$

উদাহরণ ৩.২ একটি সেপারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটার যখন প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক ঘোরে, তখন উহা ১২৫ ভোল্টে ২০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ সরবরাহ করে। যদি লোড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স আর মেসিনের ফীল্ড কারেণ্ট অপরিবর্তিত থাকে, তবে প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘুরিবার সময় ঐ জেনারেটার কত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ সরবরাহ করিতে পারিবে? আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স ০·০৪ ওম ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতির মোট পরিমাণ ২ ভোল্ট আর আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া নগণ্য।

এখানে V_1 = ১২৫ ভোল্ট,

$I_{a_1} = I_{l_1}$ = ২০০ অ্যাম্পিয়ার,

N_1 = প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক,
N_2 = প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক,
ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন = ২ ভোল্ট, আর
R_a = ০ ০৪ ওম।

এখন, $R_l = \frac{V_1}{I_{l_1}} = \frac{১২৫}{২০০}$

= ০.৬২৫Ω

$\therefore$ $E_1 = V_1 + I_{a_1}R_a$ + ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন
= ১২৫ + ২০০ × ০ ০৪ + ২
= ১৩৫ ভোল্ট।

ফীল্ড-কারেন্ট অপরিবর্তিত থাকায় আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ **মেসিনের** গতিবেগের সমানুপাতি হইবে ; অর্থাৎ

$E_1 \propto N_1$,
আর $E_2 \propto N_2$।

$$\therefore \frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\therefore E_2 = \frac{E_1 N_2}{N_1}$$

= $\frac{১৩৫ \times ১০০০}{১২০০}$

= ১১২ ৫ ভোল্ট।

এখন মনে কর, প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘুরিবার সময় জেনারেটার V_2 ভোল্টে I_{l_2} অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ সরবরাহ করে। কিন্তু

$I_{l_2} = I_{a_2}$।

আবার $E_2 = V_2 + I_{l_2}R_l$ + ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন।
R_l অপরিবর্তিত থাকায়

$R_l = \frac{V_2}{I_{l_2}}$ ওম,

$\therefore$ $V_2 = I_{l_2} \times R_l$ ভোল্ট।

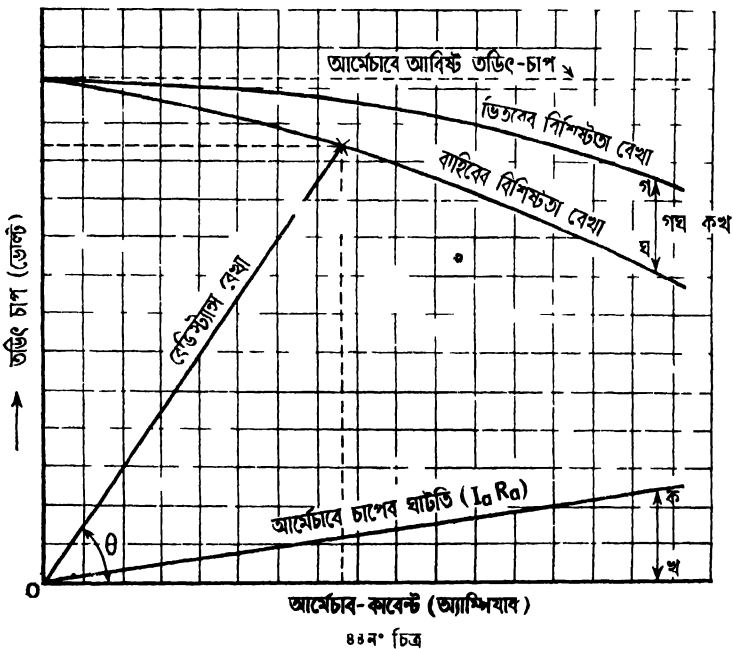
অতএব, $E_2 = I_{l_2}R_l + I_{l_2}Ra$ + ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন,

অথবা $I_{l_2}(R_l + Ra) = E_2$ − ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন
= ১১২.৫ − ২.০
= ১১০.৫ ভোল্ট।

$$\therefore \quad I_{l_2} = \frac{১১০৫}{R_l + Ra}$$

$$= \frac{১১০৫}{০.৬২৫ + ০.০৪}$$

$$= ১৬৬২ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

সেপারেটলি এক্সাইটেড্ ডাইনামোতে ফীল্ড কয়েল আর্মেচার হইতে আলাদা থাকে। তাই যতক্ষণ ফীল্ড দিয়া তড়িৎ সমানভাবে প্রবাহিত হয়, ততক্ষণ গতিবেগ কম-বেশী না হইলে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ চাপও সমান থাকে। এই চাপের পরিমাণ ৪৪নং চিত্রে সকলের উপরে ফুটকী ফুটকী রেখার সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। ইহা মেসিনের লোডবিহীন অবস্থার ভোল্টেজ। ইংরাজিতে ইহাকে 'ওপন সারকিট ক্যারাক্টারিস্টিক' (Open-Circuit Characteristic) বলে। কিন্তু যখনই মেসিন তড়িৎ সরবরাহ করিতে আরম্ভ করে, তখনই আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য ফীল্ডের চুম্বকত্ব কিছু কমিয়া যায়। ফলে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ আর অপরিবর্তিত থাকে না। আর্মেচার দিয়া যত বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করে, আবিষ্ট তড়িৎ চাপ ততই কমিতে থাকে। এই অবস্থা দ্বিতীয় রেখার সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। ইহাই জেনারেটারের 'ভিতরের বিশিষ্টতা রেখা' (Internal or Total Characteristic)।

৪৪নং চিত্র

এইবার ছবির নীচের দিকে আর্মেচারের রোধ জনিত ঘাটতি (armature drop বা I_aR_a-drop) যাহা হইবে তাহার রেখা আঁকা হইল। দ্বিতীয় রেখা হইতে যদি

এই ঘাটতি (যেমন 'ক-খ') বাদ দেওয়া যায়, তবে তাহাতে ডাইনামোর 'বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা' (External Characteristic) পাওয়া যাইবে, অর্থাৎ লোড-কারেণ্ট অনুসারে মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ কত হইতে পারে, তাহার হিসাব মিলিবে।

এখন, জেনারেটারের রেজিস্ট্যান্স-রেখার (resistance line) প্রয়োজনীয়তা কত তাহাই দেখানো হইতেছে। মনে কর, ডাইনামো হইতে বাহিরের এমন এক বর্তনীতে তড়িৎ পাঠাইতে হইবে যাহার রোধ ৫-ওম। এই বর্তনীতে কত ভোল্টেজে কত কারেণ্ট পাঠানো সম্ভব তাহা জানিতে হইলে রেজিস্ট্যান্স-রেখা টানা প্রয়োজন। দুই রকমভাবে এই রেখা টানা যায়—

(ক) যেহেতু বর্তনীর রোধ ৫ ওম $\left(\frac{\text{২৫ ভোল্ট}}{\text{৫ অ্যাম্পিয়ার}}, \text{কিংবা} \frac{\text{৫০ ভোল্ট}}{\text{১০ অ্যাম্পিয়ার}}, \text{ইত্যাদি}\right)$, সেইজন্য মনে কর, ৫০ ভোল্ট দাগের সমরেখায় একটি শয়ান (horizontal) রেখা টানা হইল, আর ১০-অ্যাম্পিয়ার দাগ হইতে উপরের দিকে একটি লম্ব-রেখা (vertical line) টানা হইল। এই দুই রেখা যে বিন্দুতে ছেদ করিল এইবার সেই বিন্দু হইতে ভুজ ও কোটির সংযোগ-বিন্দু (অর্থাৎ '0' বিন্দু) পর্যন্ত একটি সরলরেখা টান। ইহাই ৫ ওমের রেজিস্ট্যান্স-রেখা। এই রেখাকে বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা পর্যন্ত বাড়াইয়া দাও। যে বিন্দুতে এই রেখা বিশিষ্টতা-রেখাকে ছেদ বা স্পর্শ করিবে, সেই বিন্দু হইতে কোটি পর্যন্ত একটি শয়ান রেখা টান। এই রেখা যে দাগে গিয়া পৌঁছাইবে, বাহিরের বর্তনীতে তড়িৎ সরবরাহ করিবার সময় জেনারেটারের টার্মিন্যাল ভোল্টেজ তত হইবে, আর ঐ ছেদ বা স্পর্শ-বিন্দু হইতে একটি দাঁড়া রেখা নীচের দিকে টানিলে উহা যে দাগে ভূমিরেখা স্পর্শ করিবে, তত অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট ঐ বর্তনীতে পাঠানো সম্ভব হইবে।

(খ) tan θ = ৫। ত্রিকোণমিতির তালিকা (trigonometrical table) হইতে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে, এই θ-র মূল্য ৭৮·৭ ডিগ্রী। অতএব, ভুজের সহিত ৭৮·৭ ডিগ্রী কোণ রচনা করিয়া একটি সরলরেখা টানিয়া তাহাকে বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা পর্যন্ত বাড়াইয়া দিলেও ঐ স্পর্শ-বিন্দু পাওয়া যাইবে। কিন্তু যেখানে রেখা-চিত্রের ভুজের স্কেল আর কোটির স্কেল সমান হয়, কেবলমাত্র সেখানেই এই উপায়ে রেজিস্ট্যান্স-রেখা টানা যাইতে পারে, নইলে প্রথম উপায়েই টানিতে হয়।

৩·৪। সাণ্ট জেনারেটার (Shunt Generator)

সাণ্ট জেনারেটারের ফীল্ড আর্মেচারের সঙ্গে প্যারালেলে সংযুক্ত থাকে। এই জেনারেটারে উৎপন্ন তড়িৎ আর্মেচার হইতে বাহির হইয়া পজিটিভ ব্রাশে যায় এবং দুই ভাগে বিভক্ত হয়। এক ভাগে মোট কারেণ্টের অতি সামান্য অংশ ও অন্য ভাগে বেশী অংশ থাকে। সামান্য অংশ ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া নেগেটিভ ব্রাশে আসে, আর কারেণ্টের বাকী অংশ বাহিরের বর্তনীতে যায়। সেখানে বাতি

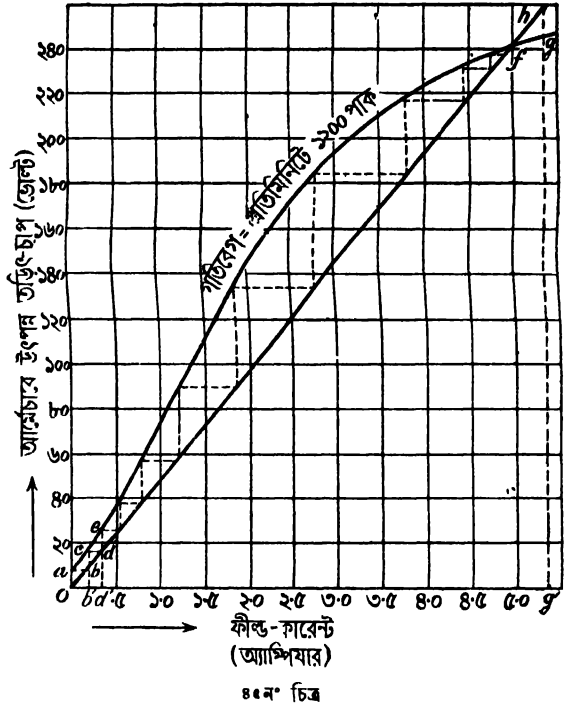
জ্বালানো, মোটর চালানো, প্রভৃতি কাজ করিয়া পরে নেগেটিভ টার্মিন্যালে আসিয়া ফীল্ড-কারেন্টের সহিত একত্রিত হয়, এবং আর্মেচারে ঢুকিয়া সারকিট পূর্ণ করে।

ভিন্ন ভিন্ন সাবকিটে তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ ভিন্ন ভিন্ন হয় বলিয়া মেসিনের অংশের নামে ঐ সকল কারেন্টের নাম দেওয়া হইয়াছে; যেমন, আর্মেচার-কারেন্ট, ফীল্ড-কারেন্ট, লোড-কারেন্ট, ইত্যাদি। এখন, যেহেতু সান্ট মেসিনের ফীল্ডে খুব অল্প কারেন্ট প্রয়োজন হয়, সেইহেতু ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষাকৃত বেশী হওয়া দরকার। ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স কম হইলে বেশীর ভাগ কারেন্ট বাহিরের বর্তনীতে না যাইয়া ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইবে, এবং পুনরায় আর্মেচারে ফিরিয়া আসিবে। ইহাতে লোড-কারেন্ট আর সেই সঙ্গে মেসিনের কর্মক্ষমতা অনেকাংশে কমিয়া যাইবে। কোন মেসিনের ক্ষেত্রেই এই প্রকার অবস্থা বাঞ্ছনীয় নহে। এই কারণেই ফীল্ড-কয়েল তৈরী করিবার সময় অপেক্ষাকৃত সরু তার ব্যবহার করা হয়, আর কারেন্টের পরিমাণ অল্প বলিয়া প্রয়োজনীয় সংখ্যক অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ (ampere-turn) যাহাতে পাওয়া যায়, সেইজন্য প্রতি পোলে তারের পাকের সংখ্যা অনেক বেশী রাখা থাকে। সরু তার আর পাকের সংখ্যা বৃদ্ধি, এই উভয় ব্যবস্থাই ফীল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্স অনেক বাড়াইয়া দেয়। তাহা ছাড়া অধিকাংশ ক্ষেত্রেই একটি অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্স ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে জুড়িয়া দেওয়া হয়। এই রেজিস্ট্যান্সকে যাহাতে প্রয়োজন-মত কম-বেশী করা যায়, সেইরূপ বন্দোবস্তও ইহাতে করা থাকে। ফলে ফীল্ড-সারকিটের রোধ বৃদ্ধি করা ছাড়াও এই অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সের সাহায্যে ফীল্ডের কারেন্ট কম-বেশী করিয়া চুম্বক বলরেখা ও সেই সঙ্গে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপকে নিয়ন্ত্রণ করা যায়। ফীল্ড কারেন্ট বা তড়িৎ-চাপকে নিয়ন্ত্রণ করে বলিয়াই এই রেজিস্ট্যান্স সাধারণভাবে 'ফীল্ড-রেগুলেটার' বা 'ভোল্টেজ-রেগুলেটার' নামে পরিচিত।

(১) সান্ট জেনারেটারে তড়িৎ-চাপ উৎপাদন (Building up of Voltage in a Shunt Generator)

সেল্ফ্-এক্সাইটেড জেনারেটারে (অর্থাৎ যে-সকল জেনারেটারের ফীল্ডে উহার নিজেরই আর্মেচার হইতে তড়িৎ সরবরাহ করা হয়) তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিতে হইলে মেসিনের ফীল্ড-পোলে কিছু পরিমাণ চুম্বকত্বের অবশেষ (residual magnetism) সর্বদাই থাকা প্রয়োজন। মেসিনকে বিশ্রাম দেবার জন্য যখন সাময়িকভাবে বন্ধ রাখা হয়, তখন উহার ফীল্ড-কয়েল দিয়া কোন তড়িৎ প্রবাহিত হয় না, কিন্তু তখনও তড়িৎ-চুম্বকের ধর্ম অনুযায়ী স্বল্পসংখ্যক বলরেখা ফীল্ড-সারকিটে থাকিয়া যায়। এই বলরেখাকেই 'চুম্বকত্বের অবশেষ' বা ইংরাজিতে 'রেসিডুয়্যাল ম্যাগ্‌নেটিজম্' বলে। কোন কারণে যদি ফীল্ড-সারকিটের এই অবশেষ-চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যায়, তবে জেনারেটার চালু করিলেও আর্মেচারে কোন তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইতে পারে না।

৪৫নং চিত্রে একটি সাণ্ট জেনারেটারের সংপৃক্তি রেখা ও ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখা দেখানো হইয়াছে। এই রেখা দুইটি একই লেখচিত্রের (graph) উপর অঙ্কিত রহিয়াছে। লেখ-চিত্রের ভুজ বরাবর ভিন্ন ভিন্ন ফীল্ড-কারেণ্ট আর কোটি বরাবর ঐ সকল কারেণ্ট অনুযায়ী আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ বসাইয়া যে রেজিস্ট্যান্স-রেখা আঁকা হইয়াছে তাহার রোধ ৪৮-ওম, অর্থাৎ মেসিনের দুই প্রান্তের মধ্যে যখন ২৪০ ভোল্ট পাওয়া যায়, তখন ফীল্ড দিয়া ৫ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, ১২০ ভোল্ট পাওয়া গেলে ২.৫ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে, ইত্যাদি।

৪৫নং চিত্র

চালু করিবার সময় প্রথমে যখন মেসিন স্থির অবস্থায় থাকে, তখন উহাতে কোন তড়িৎ-চাপ থাকে না। কিন্তু চালু করিবার পরে আর্মেচারে যখন তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তখন সেই চাপ ধাপে ধাপে বৃদ্ধি পাইয়া কিরূপে নির্দিষ্ট ভোল্টেজে আসিয়া পৌছায়, তাহাই এখন বলা হইতেছে :

জেনারেটার উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরিতে আরম্ভ করা মাত্র আর্মেচারের পরিবাহীসমূহ, অবশেষ-চুম্বকত্বের দরুন ফীল্ড-সারকিটে যে অল্পসংখ্যক চুম্বক-রেখা থাকিয়া যায়, তাহাদের ছেদ করে, ফলে আর্মেচারে খুব অল্প পরিমাণ তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। ৪৫নং চিত্রে ইহা *oa*-দ্বারা দেখানো হইয়াছে। এই তড়িৎ-চাপের পরিমাণ ৮ ভোল্ট। ইহাকে সাধারণতঃ 'অবশেষ ভোল্টেজ' বা 'রেসিড্যুয়্যাল ভোল্টেজ' (Residual Voltage) বলে। এখন, ফীল্ড-সারকিট আর্মেচারের সহিত প্যারালেলে সংযুক্ত বলিয়া এই তড়িৎ-চাপ ফীল্ড-কয়েল দিয়াও কারেণ্ট পাঠাইবে। *a*-বিন্দু হইতে ভুজের সমান্তরাল করিয়া যদি একটি শয়ান রেখা টানা যায়, আর যদি ঐ রেখা ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখাকে *b*-বিন্দুতে ছেদ করে, তবে *ab* এই কারেণ্টের পরিমাণ নির্দেশ করিবে। ৪৫নং চিত্র লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে,

$ab = ob' =$ প্রায় ০.২ অ্যাম্পিয়ার।

ফীল্ড দিয়া যখন এই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তখন সংপৃক্তি রেখা হইতে দেখা যায় যে, আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইয়া $b'c$-এর সমান, অর্থাৎ প্রায় ১৬ ভোল্ট হইয়াছে। আর্মেচারে তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাওয়াতে ফীল্ড দিয়াও পূর্বাপেক্ষা বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হইবে, আর সেই কারেণ্ট od'-এর সমান হইবে, অর্থাৎ প্রায় ০.৩৩ অ্যাম্পিয়ার হইবে। বর্ধিত ফীল্ড কারেণ্ট তড়িৎ-চাপকে বাড়াইয়া $d'e$-এর সমান করিবে, পরিবর্তে $d'e$ ফীল্ডে আরও বেশী তড়িৎ সরবরাহ করিবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, প্রতিবার ফীল্ড-কয়েল দিয়া যে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তাহা আর্মেচারের তড়িৎ-চাপকে বৃদ্ধি করে, পরিবর্তে সেই বর্ধিত তড়িৎ-চাপ ফীল্ড-সারকিটে পূর্বাপেক্ষা বেশী কারেণ্ট সরবরাহ করে।

এইভাবে জেনারেটারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ ধাপে ধাপে বৃদ্ধি পাইয়া অবশেষে যে বিন্দুতে ফান্ডের রেজিস্ট্যান্স রেখা সংপৃক্তি রেখাকে ছেদ করিয়াছে, সেই 'f'-বিন্দুতে আসিয়া পৌঁছায়। এই বিন্দুর পরে তড়িৎ-চাপ আর বাড়ে না, কারণ ইহার পরে তড়িৎ-চাপকে বাড়াইতে গেলে ফীল্ড-কয়েল দিয়া যে-পরিমাণ কারেণ্ট পাঠাইতে হয়, মেসিনের আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ সেই পরিমাণ কারেণ্ট ফীল্ডে সরবরাহ করিতে পারে না। ইহা বুঝিতে হইলে f-বিন্দুকে অতিক্রম করিয়া ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখার উপর আর একটি বিন্দু 'h' কল্পনা কর। যদি জেনারেটারকে এই বিন্দুতে পরিচালনা করিতে হয়, তবে উহার ফীল্ডে og'-এর সমান বা প্রায় ৫.৩ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট পাঠানো প্রয়োজন, আর এই পরিমাণ কারেণ্ট পাঠাইতে হইলে ফীল্ড-সারকিটের কার্যকরী ভোল্টেজ $g'h$-এর সমান বা প্রায় ২৫৬ ভোল্ট হওয়া দরকার। কিন্তু সংপৃক্তি রেখা হইতে দেখা যায় যে, ফীল্ডের কারেণ্ট যখন ৫.৩ অ্যাম্পিয়ার, আর্মেচারে তখন মাত্র $g'i$-এর সমান বা প্রায় ২৪৪ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়। সুতরাং আর্মেচারে ২৫৬ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট না হওয়াতে ফীল্ড দিয়া ৫.৩ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারিবে না, আর সেক্ষেত্রে জেনারেটারের পক্ষে f-বিন্দুকে অতিক্রম করিয়া অন্য কোন উচ্চতর তড়িৎ-চাপের বিন্দুতে পৌঁছান সম্ভব হইবে না।

সাণ্ট জেনারেটারের সংপৃক্তি রেখা লোড-শূন্য অবস্থায় তড়িৎ-চাপ আর কারেণ্টের মধ্যে সম্বন্ধ নির্দেশ করে বলিয়া ইহাকে মেসিনের 'ওপন্-সারকিট ক্যারাক্টারিসটিক' (Open-Circuit Characteristic) বা লোড-শূন্য অবস্থার বিশিষ্টতা-রেখাও বলা হয়।

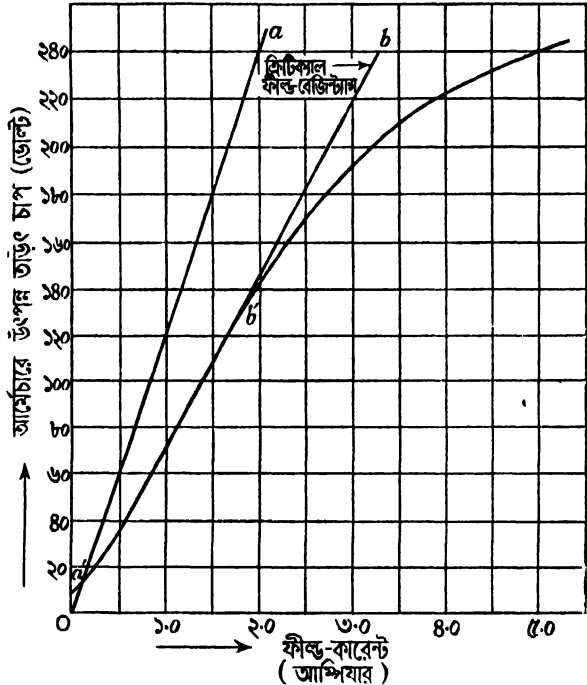
(২) (ক) ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স (Critical Field Resistance)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কোন জেনারেটারের ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স যত বাড়িতে থাকে, উহার রেজিস্ট্যান্স-রেখা ততই কোটির অধিকতর নিকটবর্তী হয়; আর এই রেজিস্ট্যান্স-রেখা যে-বিন্দুতে সংপৃক্তি রেখাকে ছেদ করে, একটি সাণ্ট জেনারেটার সেই ছেদ-বিন্দু পর্যন্তই তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিতে পারে। এখন, যদি কোন সাণ্ট

জেনারেটারের ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখা উহার সংপৃক্তি রেখাকে অবশেষ-ভোল্টেজের (residual voltage) নিকট ছেদ করিয়া যায়, তবে উহার আর্মেচারে কেবলমাত্র অবশেষ-ভোল্টেজের সমান তড়িৎ চাপ উৎপন্ন হইবে, এবং ইহা অপেক্ষা অধিক তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে জেনারেটার ব্যর্থ হইবে। ৪৬(ক)নং চিত্রে মেসিনের এই অবস্থাই দেখানো হইয়াছে। ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স যখন ১২০ ওম, *oa* রেখাটি তখন ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখা। এই রেখা সংপৃক্ত রেখাকে *a'*-বিন্দুতে ছেদ করিতেছে বলিয়া মেসিনের আর্মেচারে *oa'* পরিমাণ তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইবে। সংপৃক্ত রেখা হইতে দেখা যাইবে যে, এই তড়িৎ-চাপ প্রায় ১২ ভোল্টের সমান। ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স যতক্ষণ ১২০ ওম থাকিবে, জেনারেটার ততক্ষণ ১২ ভোল্টের অধিক তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে সমর্থ হইবে না। কিন্তু যদি ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স ধীরে ধীরে কমানো যায়, তবে রেজিস্ট্যান্স-রেখা ক্রমশঃ ভুজের দিকে সরিতে থাকিবে, এবং এক সময়ে উহা সংপৃক্তি রেখার স্পর্শক (tangent) রূপে অবস্থান করিবে। রেজিস্ট্যান্স-রেখার এইরূপ অবস্থান *ob* সরলরেখাটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। এই অবস্থায় আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ পুনরায় বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করিবে, এবং ধাপে ধাপে বাড়িয়া তাহা *b'*-বিন্দু পর্যন্ত অগ্রসর হইবে।

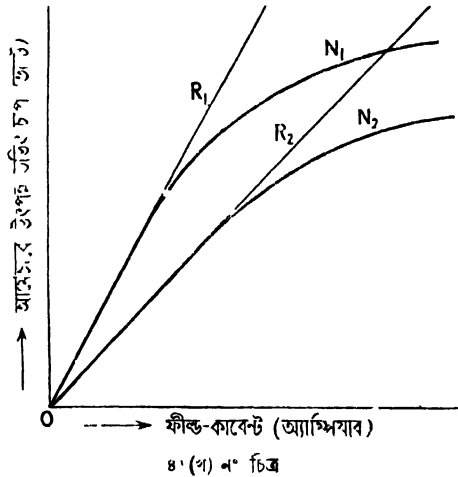
৪৬(ক)নং চিত্র

ফীল্ড সারকিটের রেজিস্ট্যান্স যত হইলে রেজিস্ট্যান্স-রেখা সংপৃক্তি রেখার স্পর্শক রূপে অবস্থান করে, ফীল্ডের সেই পরিমাণ রেজিস্ট্যান্সকে জেনারেটারের 'ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স' বলা হয়। রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ এই ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা বেশী হইলে আর্মেচারে প্রয়োজনীয় তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইতে পারে না।

(২)(খ) জেনারেটারের ক্রিটিক্যাল স্পীড বা ক্রিটিক্যাল গতিবেগ (Critical Speed of D. C. Generator)

যে-কোন ডি. সি. জেনারেটারের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ উহার গতিবেগের সমানুপাতি থাকে। সেইজন্য গতিবেগের পরিবর্তন হইলে যখন আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ পরিবর্তিত হয়, তখন মেসিনের সংপৃক্তি রেখার অবস্থানেরও পরিবর্তন ঘটে। গতিবেগ বাড়িলে তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পায়, আর সেই সঙ্গে সংপৃক্তি রেখাও লেখচিত্রের কোটির দিকে সরিয়া যায়। আবার গতিবেগ কমিতে আরম্ভ করিলে সংপৃক্তি রেখাও ক্রমশঃ ভূজের অধিকতর নিকটবর্তী হইতে থাকে। এইভাবে কোন এক নির্দিষ্ট গতিবেগে যখন সংপৃক্তি রেখা ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখার স্পর্শকরূপে অবস্থান করে, তখন ফীল্ড-সারকিটের সেই রেজিস্ট্যান্সই জেনারেটারের ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স হইয়া দাঁড়ায়।

<u>আর্মেচার প্রতি মিনিটে যত পাক ঘুরিলে ফীল্ড-সার্কিটের নির্দিষ্ট রেজিস্ট্যান্স জেনারেটারের ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স হিসাবে কাজ করে, আর্মেচারের সেই গতিবেগকেই জেনারেটারের 'ক্রিটিক্যাল স্পীড' বা 'ক্রিটিক্যাল গতিবেগ' বলা হয়।</u>

নীচের ৪৬(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। আর্মেচারের N_1 গতিবেগের জন্য ফীল্ডের R_1 রেজিস্ট্যান্স এবং আর্মেচারের N_2 গতিবেগের জন্য ফীল্ডের R_2 রেজিস্ট্যান্স

৪৬(খ) নং চিত্র

ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স হিসাবে কাজ করিতেছে। অতএব, ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স যখন R_1, জেনারেটারের ক্রিটিক্যাল গতিবেগ তখন N_1, আর ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স যখন R_2, জেনারেটারের ক্রিটিক্যাল গতিবেগ তখন N_2।

(৩) জেনারেটারে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন না হওয়ার বিভিন্ন কারণ (Causes of Failure for a Self-Excited Generator to Build Up)

চালু করিবার পরে যে-সকল সম্ভাব্য কারণে একটি জেনারেটার তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে ব্যর্থ হইতে পারে, সেই সকল কারণ নিম্নে আলোচনা করা হইল:

(ক) দীর্ঘদিন যাবৎ অব্যবহৃত অবস্থায় থাকিলে, কিংবা হঠাৎ জোরে ঝাঁকানি লাগিলে, কোন জেনারেটারের ফীল্ড-সারকিটে অবশেষ-চুম্বকত্ব (residual magnetism) আর না থাকিতেও পারে। সেক্ষেত্রে জেনারেটার তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে পারিবে না। আর্মেচারের বন্টনী যদি কোথাও খোলা না থাকে, কিংবা যে ভোল্টমিটারের সাহায্যে মেসিনের তড়িৎ-চাপ মাপা হয় তাহাতে যদি কোন দোষ না থাকে, তবে মেসিন চালু করিবার পরে ভোল্টমিটারে কিছু-না-কিছু ভোল্টেজ দেখাইবেই। মিটারে কোন ভোল্টেজ না দেখাইলে বুঝিতে হইবে ফীল্ড-সারকিটের অবশেষ-চুম্বকত্ব যে কোন কারণেই হউক বিনষ্ট হইয়া গিয়াছে।

এই অবস্থার প্রতিকারের জন্য ফীল্ড কয়েলের দুই প্রান্ত সাময়িকভাবে অন্য কোন ডি. সি. সরবরাহের সহিত সংযুক্ত করা প্রয়োজন। ইহাতে পোল-কোরগুলি উত্তেজন পাইয়া পুনরায় চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করিতে পারিবে। প্রতিকারের এই ব্যবস্থাকে 'ফীল্ডকে ফ্ল্যাশ করা' (flashing the field) বলে। সান্ট জেনারেটারের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র একটি স্টোরেজ ব্যাটারি কিংবা একটি ড্রাই সেল (dry cell) হইতে ফীল্ড-কয়েলে নিম্ন-চাপে তড়িৎ সরবরাহ করিলেই ফীল্ড-সারকিটে প্রয়োজনীয় অবশেষ-চুম্বকত্ব পাওয়া যায়। কিন্তু সেক্ষেত্রে প্রথমে ফীল্ড-কয়েলকে পরীক্ষামূলকভাবে সংযোগ করিয়া দেখিয়া লইতে হয় প্রতি পোল কোরে সঠিক মেরুত্ব উৎপন্ন হইয়াছে কিনা।

(খ) জেনারেটারের সান্ট ফীল্ড আর্মেচারের সহিত এমনভাবে সংযুক্ত থাকিতে পারে যাহাতে মেসিন চালু করিবার পরে ফীল্ড-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় অবশেষ-চুম্বকত্ব আর না বাড়িয়া ক্রমশঃ কমিতে আরম্ভ করে। এই অবস্থায় জেনারেটার তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে পারে না।

পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইলে প্রথমে মেসিনের ফীল্ড-সারকিট খুলিয়া দেওয়া প্রয়োজন। ফীল্ড খুলিয়া দেওয়ার পরে যদি আর্মেচারে তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পায়, তবে বুঝিতে হইবে ফীল্ড-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার জন্য অবশেষ-চুম্বকত্ব হ্রাস পাইতেছে। তখন এই অবস্থার প্রতিকার করিতে আর্মেচারের সহিত ফীল্ড-সারকিটের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে।

(গ) ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স 'ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স' অপেক্ষা বেশী হইলে জেনারেটার তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে পারে না।

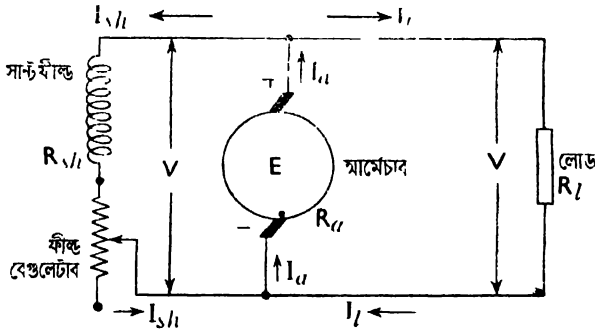
এই অবস্থার প্রতিকারের জন্য যতক্ষণ না আর্মেচারে তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, ততক্ষণ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সকে ধীরে ধীরে কমাইতে হইবে।

(ঘ) কম্যুটেটারের সহিত ব্রাশের সংযোগ যদি ঠিকমত না থাকে, তবে সংযোগস্থলের রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পায়; আর এই বর্ধিত রেজিস্ট্যান্স ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সের সহিত একত্রিত হইয়া যদি 'ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স' অপেক্ষা অধিক হয়, তবে জেনারেটার তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে পারে না।

পরীক্ষা করিবার জন্য মেসিনের প্রত্যেকটি ব্রাশকে আলাদা আলাদা ভাবে চাপিয়া ধরিতে হইবে। যদি দেখা যায় তাহাতে মেসিনের তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইতেছে, তবে

বুঝিতে হইবে সংযোগ ঠিকমত হয় নাই। তখন সংযোগস্থলে যাহাতে হাওয়ার ফাঁক বা ময়লা জমিয়া না থাকে, সেইজন্য কম্যুটেটার এবং ব্রাশের উপরিভাগ সিরিশ-কাগজ দিয়া ঘষিয়া মসৃণ আর পরিষ্কার করিয়া দিতে হইবে।

(৪) সান্ট জেনারেটারের বিশিষ্টতা (Characteristics of Shunt Generator)

ডি. সি সান্ট জেনারেটার

৫৭নং চিত্র

৫৭ নং চিত্রে একটি সান্ট জেনারেটারের বিভিন্ন সারকিট, তাহাদের পরস্পরের মধ্যে সংযোগ, প্রত্যেকটি সারকিটের রোধ (resistance) আর তড়িৎ প্রবাহ প্রভৃতি দেখানো হইয়াছে।

এখন মনে কর,

E = আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ চাপ (induced e.m.f in armature),

V = জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ বা লাইন ভোল্টেজ বা লোড-সারকিটের ভোল্টেজ,

I_a = আর্মেচারের কারেণ্ট বা জেনারেটারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-প্রবাহ,

I_{sh} = সান্ট ফীল্ডের কারেণ্ট,

I_l = লোড কারেণ্ট বা জেনারেটারের আউটপুট-কারেণ্ট,

R_l = লোড সারকিটের রেজিস্ট্যান্স বা রোধ,

R_a = আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স বা রোধ,

R_{sh} = সান্ট ফীল্ডের (রেগুলেটারসহ) মোট রেজিস্ট্যান্স বা রোধ, এবং

A = আর্মেচারের প্যার‍্যালেল-রাস্তার সংখ্যা।

অতএব

(৵০) আর্মেচারের প্রতিটি প্যার‍্যালেল-রাস্তায় তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ $=\frac{I_a}{A}$ অ্যাম্পিয়ার,

(৶০) $I_a = I_l + I_{sh}$ অ্যাম্পিয়ার,

(৶৹) ফীল্ড-সারকিটের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী তড়িৎ-চাপ আর লাইন-ভোল্টেজ একই হওয়াতে

$$I_{sh}=\frac{V}{R_{sh}}$$ অ্যাম্পিয়ার,

(।০) $I_l=\frac{V}{R_l}$ অ্যাম্পিয়ার,

(।৵০) $E=V+I_aR_a+$ ব্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ-চাপের পতন (ভোল্ট),

$$=\phi Z\frac{N}{৬০}\frac{P}{A}$$ ভোল্ট,

(।৶০) আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি $=I_aR_a$ ভোল্ট,

(।৷৶০) জেনারেটারের আউটপুট বা
লোড-সারকিটের জন্য মোট তড়িৎ-শক্তি $=VI_l$ ওয়াট

অথবা $\frac{VI_l}{১০০০}$ কিলোওয়াট,

(৷৷০) জেনারেটারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি $=EI_a$ ওয়াট

অথবা $\frac{EI_a}{১০০০}$ কিলোওয়াট,

(৷৷৵০) জেনারেটারের ইনপুট বা প্রাইম মুভারের

$$\text{আউটপুট}=\frac{\text{জেনারেটারের আউটপুট}}{\text{জেনারেটারের কর্মক্ষমতা}},$$

$$=\frac{VI_l\times ১০০}{\text{জেনারেটারের \% কর্মক্ষমতা}}\text{ ওয়াট},$$

$$=\frac{VI_l\times ১০০}{\text{জেনারেটারের \% কর্মক্ষমতা}\times ৭৪৬}\text{ অশ্বশক্তি।}$$

উদাহরণ ৩-৩। একটি সান্ট জেনারেটারের খোলা লাইনে আবিষ্ট ভোল্টেজ ১২৭ ভোল্টস্। যখন মেসিনটি ফুল লোড সরবরাহ করে, তখন ইহার টারমিনাল ভোল্টেজ ১২০ ভোল্টস্ হয়। যদি ফিল্ডের রেসিস্ট্যান্স ১৫ ওমস এবং আর্মেচার-এর রেসিস্ট্যান্স ০ ০২ ওম হয়, তবে ইহার লোড কারেন্ট কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। লোড কারেন্ট নির্ণয় করিতে আর্মেচার রিঅ্যাকশন-কে উপেক্ষা করিতে পার। (Elec. Sup. December, '69, '71)

এখানে জেনারেটারের খোলা লাইনে আবিষ্ট ভোল্টেজ বলিতে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ বুঝায়। অতএব

$E=$ ১২৭ ভোল্ট,

$V=$ ১২০ ভোল্ট,

$R_{sh}=$.৫ ওম, আর

$R_a=$ ০'০২ ওম।

এই উদাহরণে ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতির বিষয়ে কোন উল্লেখ নাই, সুতরাং তাহা উপেক্ষা করা যাইতে পারে।

অতএব, $E = V + I_a R_a$ ভোল্ট,

$$\therefore \quad I_a = \frac{E - V}{R_a}$$

$$= \frac{১২৭ - ১২০}{০\cdot০২}$$

$$= \frac{৭\cdot০}{০\cdot০২}$$

$= ৩৫০\cdot০$ অ্যাম্পিয়ার।

কিন্তু $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$

$$= \frac{১২০}{১৫}$$

$= ৮০$ অ্যাম্পিয়ার।

আবার $I_a = I_l + I_{sh}$ অ্যাম্পিয়ার,

$$\therefore \quad I_l = I_a - I_{sh}$$

$= ৩৫০\cdot০ - ৮০$

$= ২৭০$ অ্যাম্পিয়ার

উদাহরণ ৩৪। একটি ডি সি. মোটর একটি ডি. সি. জেনারেটারের সহিত সরাসরিভাবে যুক্ত আছে। জেনারেটারটির উপর full load দিয়া একটি ammeter ও একটি voltmeter-এর সাহায্যে দেখা গেল যে ইহার voltage ৪২০ এবং ইহা ৩০ amp. current দিতেছে। যদি জেনারেটারটির efficiency ৯০%, হয় তবে মোটরটির H P. কত ?

(Elec. Sup , July, 1966)

এখানে, $V = ৪২০$ ভোল্ট,

$I_l = ৩০$ অ্যাম্পিয়ার, আর

জেনারেটারের কর্মক্ষমতা $= ৯০\%$।

জেনারেটারের আউটপুট $= VI_l$

$= ৪২০ \times ৩০$

$= ১২৬০০$ ওয়াট।

এখানে ডি. সি. মোটর জেনারেটারের প্রাইম মুভার হিসাবে কাজ করিতেছে।

অতএব

$$\text{মোটরের H. P.} = \frac{\text{জেনারেটারের আউটপুট} \times ১০০}{\text{জেনারেটারের \% কর্মক্ষমতা} \times ৭৪৬}$$

$$= \frac{১২৬০০ \times ১০০}{৯০ \times ৭৪৬}$$

$= ১৮\cdot৭৭$ অশ্বশক্তি।

উদাহরণ ৩-৫। একটি ২০০ কিলোওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন সান্ট জেনারেটার পূরা লোড লইয়া চলিবার সময় উহার প্রান্তিক তড়িৎ চাপ ৬০০ ভোল্ট হয়। যদি এই মেসিনের ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স ২৫০ ওম, আর্মেচার রেজিস্ট্যান্স ০·০৩২ ওম এবং ব্রাশের রেজিস্ট্যান্স ০ ০১৪ ওম হয়, তবে উহার আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ চাপের পরিমাণ কত? (Elec Sup, June, 1960)

এই উদাহরণে ব্রাশে তড়িৎ চাপের ঘাটতির পরিমাণ উল্লেখ না করিয়া তাহার পরিবর্তে ব্রাশের রেজিস্ট্যান্স দেওয়া হইয়াছে। ব্রাশ আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে, তাই উহার ভিতর দিয়া আর্মেচার কারেন্টই প্রবাহিত হয়। সুতরাং ব্রাশের রেজিস্ট্যান্সকে আর্মেচার কারেন্ট দ্বারা গুণ করিলে গুণফল ব্রাশে তড়িৎ চাপের ঘাটতির পরিমাণ নির্দেশ করিবে।

এখানে, লোড = ২০০ কিলোওয়াট = ২০০ × ১০০০ ওয়াট,

V = ৬০০ ভোল্ট,

R_{sh} = ২৫০ ওম

R_a = ০ ০৩২ ওম, এবং

(ব্রাশের রেজিস্ট্যান্স) R_b ০ ০১৪ ওম।

অতএব VI_l = ২ ০ × ১ ০০ ওয়াট,

I_l $\frac{২০০ \times ১০০০}{V}$

= $\frac{২০০ \times ০০০}{৬০}$ = ·৩ ৩ অ্যাম্পিয়ার।

আবার $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$

= $\frac{৬০০}{২৫০}$

= ২ ৪ অ্যাম্পিয়ার।

সুতরাং $I = I_l + I$

৩৩৩ ৩ + ২ ৪

= ৩৩৫ ৭ অ্যাম্পিয়ার, এবং

ব্রাশে তড়িৎ চাপের ঘাটতি = $I R_b$

= ৩৩৫ ৭ × ০ ০১৪

= ৪ ৭ ভোল্ট।

$E = V + I_a R_a$ + ব্রাশে তড়িৎ চাপের ঘাটতি

= ৬০০ + ৩৩৫ ৭ × ০ ০৩২ + ৪ ৭

= ৬০০ + ১০ ৭৪ + ৪ ৭

= ৬১৫ ৪৪ ভোল্ট।

উদাহরণ ৩-৬। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট সাণ্ট জেনারেটারের আর্মেচার ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত আছে। মেসিনের ফীল্ড এবং আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স যথাক্রমে ৫০ ওম আর ০১ ওম। এই জেনারেটার যদি ৬০টি বাতিতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে, আর প্রত্যেকটি বাতি যদি ১০০-ভোল্ট, ৪০-ওয়াট হয়, তবে

(ক) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ,

(খ) আর্মেচারের প্রতিটি প্যারাালেল রাস্তায় তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ, এবং

(গ) আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। প্রতি ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি ১ ভোল্ট করিয়া ধরিয়া লও।

পজিটিভ ব্রাশগুলি পরস্পরের সঙ্গে আর নেগেটিভ ব্রাশগুলি পবস্পরের সঙ্গে প্যারাালেলে সংযুক্ত থাকে বলিয়া তড়িৎ-চাপের ঘাটতির পবিমাণ হিসাব কবিবার সময় মেসিনের মোট ব্রাশের সংখ্যা দুই ধবিলেই চলে। এই উদাহরণে প্রতি ব্রাশে তড়িৎ-চাপেব ঘাটতি ১ ভোল্ট ধরিয়া ধরিতে বলা হইয়াছে। অতএব ব্রাশে তড়িৎ চাপেব ঘাটতির মোট পবিমাণ দাঁড়াইবে ১ × ২ = ২ ভোল্ট।

এখন, লোড = ৪০ × ৬০ = ২৪০০ ওয়াট,

V = ১০০ ভোল্ট,

R_{sh} = ৫০ ওম,

R_a = ০·১ ওম,

P = ৪, আব

A = ৪ (ল্যাপ-ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)

অতএব VI_l = ২৪০০ ওয়াট,

$$\therefore \quad I_l = \frac{২৪০০}{V}$$

$$= \frac{২৪০০}{১০০} = ২৪\text{·}০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

$$= \frac{১০০}{৫০}$$

$$= ২\text{·}০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

(ক) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ

$$I_a = I_l + I_{sh}$$

$$= ২৪\text{·}০ + ২\text{·}০$$

$$= \underline{২৬\text{·}০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}}$$

(খ) আর্মেচারের প্রতিটি প্যারাালেল-রাস্তায় তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ

$$= \frac{I_a}{A}$$

$$= \frac{২৬}{৪}$$

= ৬·৫ অ্যাম্পিয়ার।

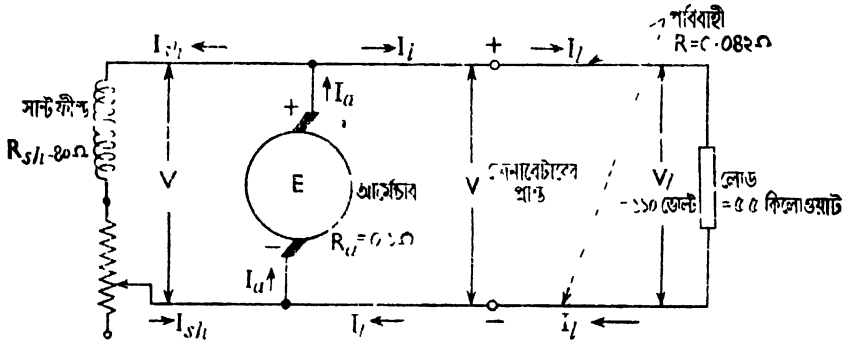
(গ) আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ

$E = V + I_a R_a +$ ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি

= ১০০ + ২৬ × ০·১ + ২·০

= ১০৪·৬ ভোল্ট।

উদাহরণ ৩-৭। একজোড়া পরিবাহীর (feeder) সাহায্যে একটি সান্ট জেনারেটার বাহিরের বর্তনীতে ১১০ ভোল্টে ৫·৫ কিলোওয়াট বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। যদি পরিবাহীদ্বয়ের সমবেত রোধ (resistance) ০·০৪২ ওম, আর্মেচারের রোধ ০·১ ওম আর সান্ট ফীল্ডের রোধ ৪০ ওম হয়, তবে জেনারেটারের প্রান্তিক ভোল্টেজ আর আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ কত হইবে?

পরিবাহীর রোধের দরুন তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে। তাই এই উদাহরণে জেনারেটারের প্রান্তিক ভোল্টেজ আর লোড-সারকিটের ভোল্টেজ সমান হইবে না। ইহা ৪৮নং চিত্র লক্ষ্য করিলেই বুঝিতে পারিবে।

৪৮নং চিত্র

এখানে জেনারেটারের প্রান্তিক ভোল্টেজ = লোডের ভোল্টেজ + পরিবাহীতে তড়িৎ চাপের পতন। আবার পরিবাহীর সাহায্যে লোড-সারকিটে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় বলিয়া ঐ পরিবাহীর মধ্য দিয়া লোড-কারেন্টই প্রবাহিত হইবে। অতএব পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপের পতন = (লোড-কারেন্ট) × (পরিবাহীর সমবেত রেজিস্ট্যান্স)।

এখন, লোড = ৫·৫ কিলোওয়াট = ৫৫০০ ওয়াট,

(লোডের ভোল্টেজ) V_l = ১১০ ভোল্ট,

(পরিবাহীর সমবেত রোধ) R = ০·০৪২ ওম,

R_a = ০·১ ওম, আর

R_{sh} = ৪০ ওম।

অতএব $V_l I_l$ = ৫৫০০ ওয়াট,

$\therefore$ $I_l = \frac{৫৫০০}{V_l}$

$= \frac{৫৫০০}{১১০}$

= ৫০ অ্যাম্পিয়ার।

জেনারেটারের প্রান্তিক ভোল্টেজ,

$V = V_l + I_l R$

= ১১০ + ৫০ × ০·০৪২

= ১১২·১ ভোল্ট।

আবার $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$

$= \frac{১১২·১}{৭০}$

= ২·৮ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $I_a = I_l + I_{sh}$

= ৫০ + ২·৮

= ২·৮ অ্যাম্পিয়ার।

ব্রাশে তড়িৎ-চাপের যে ঘাটতি হয় তাহার কোন উল্লেখ না থাকায় ঐ ঘাটতিকে উপেক্ষা করিতে হইবে। সুতরাং

$E = V + I_a R_a$

= ১১২·১ + ৫২·৮ × ০·১

= ১১৭·৩৮ ভোল্ট।

উদাহরণ ৩-৮। একটি সান্ট জেনারেটার যখন বাহিরের বর্তনীতে ৪০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ সরবরাহ করে, তখন উহার আর্মেচারে ৬২৫ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়। যদি ফীল্ডের কারেন্ট ৬ অ্যাম্পিয়ার আর আর্মেচারের রোধ ০·০৬ ওম হয়, তবে জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ কত হইবে ?

এখানে E = ৬২৫ ভোল্ট,

I_l = ৪০০ অ্যাম্পিয়ার,

I_{sh} = ৬ অ্যাম্পিয়ার, আর

R_a = ০·০৬ ওম।

অতএব $I_a = I_l + I_{sh}$

$= ৪০০ + ৬$

$= ৪০৬$ অ্যাম্পিয়ার।

ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি সম্বন্ধে কোন উল্লেখ নাই, অতএব তাহা উপেক্ষা করিতে হইবে। সুতরাং

$E = V + I_a R_a$ ভোল্ট,

অথবা $V = E - I_a R_a$

$= ৬২৫ - ৪০৬ \times ০{\cdot}০৬$

$= ৬০০{\cdot}৬৪$ ভোল্ট।

উদাহরণ ৩-৯। একটি ৪ পোল বিশিষ্ট সান্ট জেনারেটারের আর্মেচারে ১২৮টি খাঁজ আছে, আর প্রতি খাঁজে ৪টি করিয়া পরিবাহী আছে। জেনারেটার বাহিরের বর্তনীতে ২৪০ ভোল্টে ৪০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ সরবরাহ করে। যদি চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রতি পোল ০·০৪৮ ওয়েবার বলরেখা উৎপন্ন করে, আর ফীল্ড এবং আর্মেচারের রোধ যথাক্রমে ৪৮ ওম এবং ০·০৪ ওম হয়, তবে আর্মেচারের গতিবেগ কত হইবে? আর্মেচার ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংযুক্ত।

এখানে $V = ২৪০$ ভোল্ট,

$I_l = ৪০০$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_a = ০{\cdot}০৪$ ওম,

$R_{sh} = ৪৮$ ওম,

$P = ৪$,

$A = ৪$ (ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া),

$Z = ১২৮ \times ৪ = ৫১২$, আর

$\phi = ০{\cdot}০৪৮$ ওয়েবার।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

$$= \frac{২৪০}{৪৮}$$

$= ৫$ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $I_a = I_l + I_{sh}$

$= ৪০০ + ৫$

$= ৪০৫$ অ্যাম্পিয়ার।

ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি সম্বন্ধে কোন উল্লেখ নাই। সুতরাং

$E = V + I_a R_a$

$= ২৪০ + ৪০৫ \times ০{\cdot}০৪$

$= ২৫৬{\cdot}২$ ভোল্ট

কিন্তু $E=\phi Z\frac{N}{৬০}\frac{P}{A}$ ভোল্ট,

অতএব $N=\frac{৬০ AE}{\phi ZP}$

$=\frac{৬০\times ৪\times ২৫৬২}{০.০৪৮\times ৫১২\times ৪}$

$=$৬২৫ আব পি এম, অর্থাৎ

আর্মেচার প্রতি মিনিটে ৬২৫ পাক ঘুরিবে।

উদাহরণ ৩ ১০। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট সান্ট জেনারেটাবের আর্মেচাব ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত। জেনারেটার প্রতি মিনিটে ৭৫০ পাক ঘোরে, আর উহার ফীল্ড এবং আর্মেচারের রোধ যথাক্রমে ২০০ ওম এবং ০.৪ ওম। যদি চুম্বক ক্ষেত্রের প্রতি মেরুতে ০.০২৯ ওয়েবার বলরেখা উৎপন্ন হয়, আব আর্মেচারেব খাঁজে মোট ৭২০টি পরিবাহী থাকে, তবে জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ কত হইবে? লোড সারকিটের রেজিস্ট্যান্স ১০ ওম।

এখানে, $P=৪$,
$A=২$ (ওযেভ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া),
$N=$ প্রতি মিনিটে ৭৫০ পাক,
$R_{sh}=২০০$ ওম,
$R_a=০.৪$ ওম,
$\phi=০.০২৯$ ওয়েবাব,
$Z=৭২০$, আব
$R_l=১০$ ওম।

আর্মেচাবেব তড়িৎ-চাপ, $E=\phi Z\frac{N}{৬০}\frac{P}{A}$

$=০.০২৯\times ৭২০\times\frac{৭৫০}{৬০}\times\frac{৪}{২}$

$=৫২১$ ভোল্ট।

জেনাবেটাবের ফীল্ড আব লোড সাবকিট পবস্পবেব সহিত প্যারাল্যালে সংযুক্ত থাকে। তাহাদের সমবেত রেজিস্ট্যান্স যদি R' হয়, তবে

$$\frac{১}{R'}=\frac{১}{২০০}+\frac{১}{১০}=\frac{২০+১}{২০০}=\frac{২১}{২০০},$$

$$\therefore\quad R'=\frac{২০০}{২১}=৯.৫২৪ \text{ ওম।}$$

R′ আর্মেচারের সহিত সিরিজে অবস্থান করিবে সুতরাং আর্মেচার্-সারকিটের মোট রেজিস্ট্যান্স, $R = R' + R_a$

$= ৯\cdot৫২৪ + ০\cdot৪$

$= ৯\cdot৯২৪$ ওম।

∴ আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহ

$I_a = \frac{E}{R} = \frac{৫২১}{৯\cdot৯২৪}$

$= ৫২\cdot৫$ অ্যাম্পিয়ার।

ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি সম্বন্ধে কোন উল্লেখ নাই।

∴ $E = V + I_a R_a$ ভোল্ট,

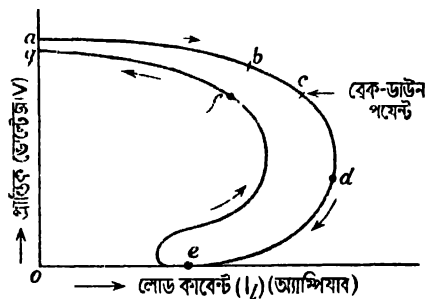
অথবা $V = E - I_a R_a$

$= ৫২১ - ৫২\cdot৫ \times ০\cdot৪$

$= ৫০০$ ভোল্ট।

(ক). সাণ্ট জেনারেটারের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা (External Characteristic of Shunt Generator)

সাণ্ট ডাইনামোর ফীল্ড-সারকিট আর্মেচারের সহিত প্যারালেলে সংযুক্ত থাকে বলিয়া মেসিন চলিবার সময় দুইটি সম্পূর্ণ আলাদা সারকিটের সৃষ্টি হয়। তাই যখন মেসিন লোডশূন্য অবস্থায় চলিতে থাকে, তখন উহার ফীল্ড-কয়েল দিয়া পূরা তড়িৎ প্রবাহিত হইতে কোন বাধা থাকে না। বরং তখনই উহার চুম্বকগুলি চরম উত্তেজন লাভ করে, ফলে সাণ্ট ডাইনামো যখন লোডশূন্য অবস্থায় চলে, তখনই উহার প্রান্তে (terminal) সর্বোচ্চ তড়িৎ-চাপ পাওয়া যায়। এই কারণে সাণ্ট মেসিনের বিশিষ্টতা-রেখা অনেকটা সেপ্যারেট্‌লি এক্সাইটেড্ জেনারেটারের মত। কেবল তফাৎ এই যে, শেষেরটির ফীল্ড-কয়েল আলাদা জায়গা হইতে বিদ্যুতের সরবরাহ পায় বলিয়া উহার প্রান্তিক চাপ বরাবর সমান থাকে, আর সাণ্ট জেনারেটার নিজেই নিজের ফীল্ডে তড়িৎ সরবরাহ করে বলিয়া মেসিনে লোড পড়িলে যখন আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স জনিত চাপের ঘাটতি হয়, তখন ফীল্ডের প্রান্তে তড়িৎ-চাপ আর সেই সঙ্গে ফীল্ডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ একটু একটু করিয়া কমিয়া আসে। ইহাতে চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখা আর মেসিনের প্রান্তিক চাপ, উভয়ই কমিতে আরম্ভ করে।

৪৯নং চিত্র

৪৯নং চিত্রে একটি সাণ্ট জেনারেটারের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখাচিত্র দেখানো হইয়াছে। পরীক্ষার দ্বারা এই রেখাচিত্র নির্ণয় করিতে হইলে নিম্নলিখিত উপায়ে তাহা করিতে হইবে:

প্রথমে জেনারেটারের দুই প্রান্তের মধ্যে একটি ভোল্টমিটার (V) আর উহার লাইনের সহিত সিরিজে একটি অ্যামিটার (A) সংযুক্ত করা প্রযোজন। ইহা ৫০নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ভোল্টমিটার মেসিনের প্রান্তিক চাপ আর অ্যামিটার উহার লোড-কারেণ্ট নির্দেশ করিবে। লোডের বিভিন্ন অবস্থায় অ্যামিটারের নির্দেশ যদি কোন লেখচিত্রের ভুজ বরাবর আর ভোল্টমিটারের নির্দেশ কোটি বরাবর বসাইয়া একটি রেখা টানা যায়, তবে তাহাই জেনারেটারের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা হইবে। সাণ্ট জেনারেটারের ক্ষেত্রে এই রেখাকে ইংরাজিতে 'সাণ্ট ক্যারাক্টারিসটিক' (Shunt Characteristic)-ও বলে।

৫০ চিত্র

জেনারেটারটি চালু করিয়া প্রথমে উহার আর্মেচারকে নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরাইতে হইবে, পরে মেসিনে পূরা লোড দিয়া ফীল্ডের রেগুলেটারকে এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করিতে হইবে যাহাতে জেনারেটারের প্রান্তে নির্দিষ্ট পরিমাণ (rated value) ভোল্টেজ পাওয়া যায়। এই অবস্থায় জেনারেটরটিকে ২০ হইতে ৩০ মিনিট পর্যন্ত চালাইতে হইবে, আর তখন কোন মিটারের নির্দেশ পড়া চলিবে না। মেসিন পূরা লোডসহ চলিবার সময় তাপমাত্রা যতটা বৃদ্ধি পায়, উহার ফীল্ড উত্তপ্ত হইয়া যাহাতে সেই তাপমাত্রায় পৌঁছাইতে পারে, সেইজন্যই এইরূপ করা দরকার। ইহার পর সমস্ত লোড অপসারিত করিয়া লোডশূন্য অবস্থায় তড়িৎ চাপের পরিমাণ কত তাহা ভোল্টমিটারের নির্দেশ হইতে পড়িতে হইবে। ৫১নং চিত্রে এই তড়িৎ চাপের পরিমাণ oa দ্বারা দেখানো হইয়াছে। যতক্ষণ এই পরীক্ষার কাজ চলিবে, ততক্ষণ মেসিনের ফীল্ড রেগুলেটারে আর হাত দেওয়া অথবা মেসিনের চুম্বক ক্ষেত্রকে আর কম বা বেশী করা চলিবে না। ধীরে ধীরে লোডের পরিমাণ বাড়াইতে হইবে, আর প্রত্যেকবার লোড বাড়াইবার পরে ভোল্টমিটার আর অ্যামিটারের নির্দেশ পড়িতে হইবে। এই সময়ে ট্যাকোমিটার বা স্পীডোমিটারের সাহায্যে প্রত্যেকবার, ভোল্টেজ আর কারেণ্ট দেখার আগে, মেসিনের গতিবেগ সমান আছে কিনা তাহা দেখিয়া লইতে হইবে। যদি দেখা যায় যে, জেনারেটার কিছু কম বা বেশী গতিবেগে চলিতেছে, তবে উহার

প্রাইম মুভারের (চালক মেসিনের) গতিবেগ ঠিক করিয়া দিতে হইবে। আর যদি মেসিনের গতিবেগ কিছুতেই একভাবে রাখা না যায়, তবে প্রত্যেকবার ভোল্টেজ আর কারেণ্ট মাপিবার সঙ্গে সঙ্গে উহার গতিবেগও লিখিয়া রাখিতে হইবে, এবং রেখাচিত্র আঁকিবার সময় গ্রাফ-কাগজের উপর সংশোধিত ভোল্টেজের মূল্যই বসাইতে হইবে।

এইভাবে লোডশূন্য অবস্থা হইতে ধীরে ধীরে লোড বাড়াইয়া জেনারেটারে পূরা লোড সংযোগ করা পর্যন্ত ভোল্টমিটার আর অ্যাম্মিটারের নির্দেশ লক্ষ্য করিয়া গেলে দেখা যাইবে, ভোল্টমিটারের নির্দেশ ক্রমশঃ কমিতেছে, আর একই সঙ্গে অ্যাম্মিটারের নির্দেশ ক্রমশঃ বাড়িতেছে। এই সকল নির্দেশ লেখচিত্রে বসাইয়া একটি রেখা টানিলে তাহা যেরূপ হইবে, ৪৯নং চিত্রে *ab*-দ্বারা তাহাই দেখানো হইয়াছে। *b*-বিন্দু ডাইনামোতে পূরা লোড দেওয়ার অবস্থা নির্দেশ করিতেছে।

একটি ছোট জেনারেটারে পূরা লোড দেওয়ার পরে যদি আরও বেশী লোড সংযোগ করা যায়, তবে উহার প্রান্তিক-চাপ দ্রুত কমিতে আরম্ভ করে। রেখাচিত্রের *c*-বিন্দুতে মেসিনের সেই অবস্থাই দেখানো হইয়াছে। এই বিন্দুকে ইংরাজিতে 'ব্রেক-ডাউন পয়েণ্ট' (break-down point) বলে। ইহার পরেও যদি জেনারেটারে লোড সংযোগ করা হয় (অবশ্য বাস্তবক্ষেত্রে তাহা সম্ভব নহে, কারণ তাহাতে মেসিন পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা), তবে প্রান্তিক-চাপ খুব দ্রুত কমিবে, এবং এক সর্বোচ্চ সীমায় আসিবার পরে কারেণ্টও আর না বাড়িয়া কমিতে আরম্ভ করিবে। মেসিনের এই অবস্থা রেখাচিত্রের *d*-বিন্দুতে দেখানো হইয়াছে। এই অবস্থার পরে লোড আরও বাড়াইলে মেসিন একেবারে সর্ট-সারকিটের অবস্থায় চলিয়া আসিবে। ইহা *e*-বিন্দুতে দেখানো হইয়াছে। এই অবস্থায়ও কিন্তু কারেণ্ট কমিবে, এবং তখন যে *oe* পরিমাণ কারেণ্ট লোড-সারকিটে প্রবাহিত হইতে থাকিবে, তাহা কেবলমাত্র অবশেষ-ভোল্টেজের (residual voltage) দ্বারা উৎপন্ন হইবে।

এইবার মেসিনের লোড ধীরে ধীরে কমাইতে আরম্ভ করিলে ভোল্টেজ পুনরায় বৃদ্ধি পাইবে, আর তাহা *efg*-দ্বারা চিহ্নিত রেখাচিত্রটি অনুসরণ করিয়া লোডশূন্য অবস্থায় *og* পরিমাণ হইবে। প্রধানতঃ ফীল্ড-সারকিটের চুম্বকীয় শৈথিল্যের (hysteresis) জন্যই লোড কমিবার সময় ভোল্টেজ আলাদা রেখাচিত্র অনুসরণ করিয়া বৃদ্ধি পায়।

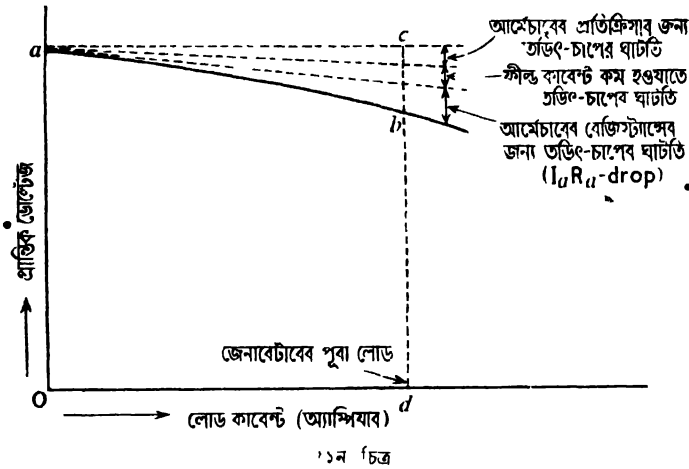
কার্যক্ষেত্রে একটি জেনারেটারের পরিচালনা রেখাচিত্রের কেবলমাত্র *ab*-অংশের মধ্যেই সীমাবদ্ধ রাখা হয়। সেইজন্য সাণ্ট জেনারেটারের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা বলিতে *ab* রেখাচিত্রটিই বুঝায়। এই রেখাচিত্র হইতে বুঝা যায় যে, মেসিনের লোড যত বাড়ে, উহার কারেণ্টও তত বাড়ে, আর প্রান্তিক-চাপ তত কমে। নিম্নলিখিত তিনটি কারণে তড়িৎ-চাপের এই পতন ঘটে—

(৵০) লোড বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে আর্মেচারে অধিক পরিমাণ কারেণ্ট উৎপন্ন হয়, আর তাহাতে আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্সের দরুন তড়িৎ-চাপের ঘাটতি (I_aR_a drop) বৃদ্ধি পায়।

(৵০) আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া বৃদ্ধি পাওয়াতে ফীল্ডে চুম্বক বলরেখার সংখ্যা কমিয়া যায় ; ফলে আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ আর সেই সঙ্গে মেশিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ কমিতে আরম্ভ করে।

(৶০) উপরি-উক্ত দুই কারণে মেসিনের প্রান্তিক-চাপ কমিয়া গেলে ফীল্ড দিয়াও তখন অপেক্ষাকৃত কম কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ইহাতে আবার আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ আর সেই সঙ্গে মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ আরও কমিয়া যায়।

৫১নং চিত্রে জেনারেটারের বাহিরের বিশিষ্টতা রেখা এবং বিভিন্ন কারণে মেসিনে তড়িৎ-চাপের যে ঘাটতি হয় তাহার পরিমাণ দেখানো হইয়াছে।

৫১নং চিত্র

(খ) সান্ট জেনারেটারের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা (Internal or Total Characteristic of Shunt Generator)

যে রেখাচিত্র জেনারেটারের আর্মেচার-কারেন্ট (I_a) আর আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের (E) মধ্যে সম্বন্ধ নির্দেশ করে, তাহাকে ভিতরের বিশিষ্টতা রেখা বলে। সান্ট জেনারেটারের ক্ষেত্রে আর্মেচার-কারেন্ট

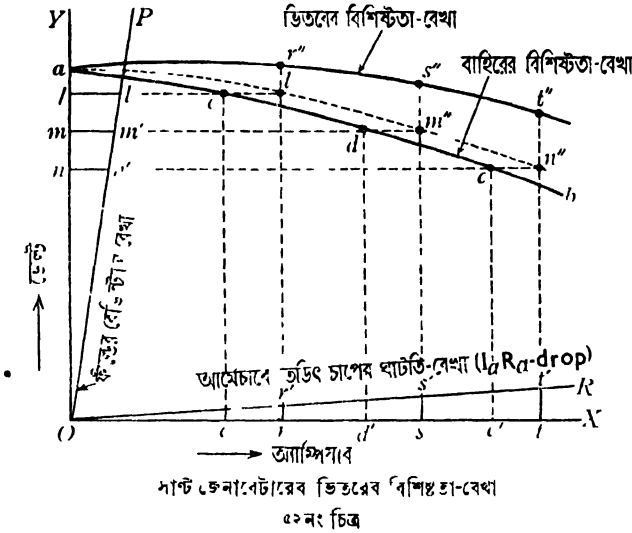
$$I_a = I_l + I_{sh} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

আর আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$$E = V + I_aR_a \text{ ভোল্ট।}$$

সুতরাং এই জেনারেটারের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখাচিত্র আঁকিতে হইলে লোড-কারেন্টের প্রত্যেক মূল্যের সঙ্গে তদনুযায়ী (Corresponding) ফীল্ড-কারেন্ট যোগ করিয়া আর্মেচার-কারেন্ট বাহির করিতে হইবে। আর ঐ লোড-কারেন্ট অনুযায়ী প্রান্তিক-চাপ বা লাইন-ভোল্টেজের সহিত আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স জনিত ভোল্টেজের ঘাটতি যোগ করিলে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ পাওয়া যাইবে। এখন, লেখচিত্রের ভুজ বরাবর এই আর্মেচার-কারেন্ট আর কোটি বরাবর এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বসাইয়া

একটি রেখা টানিলেই তাহা ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা হইবে। কার্যক্ষেত্রে লেখচিত্রের উপর এই বিশিষ্টতা-রেখা কিভাবে আঁকা হয়, তাহা নিম্নে উদাহরণের সাহায্যে বুঝাইয়া দেওয়া হইল :

সান্ট জেনারেটারের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা

৫২নং চিত্র

মনে কর, ৫২নং চিত্রে দেওয়া বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা (ab) হইতে একটি সান্ট ডাইনামোর ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা আঁকিতে হইবে।

প্রক্রিয়া :—

(৴০) যখন ডাইনামোর মেন সুইচ খোলা থাকে, তখন আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ প্রান্তিক-চাপ বা লাইন-ভোল্টেজের সমান হয়, কেন না, তখন আর্মেচারে চাপের কোন পতন ঘটে না। অতএব, বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখার a-বিন্দু ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখারও প্রথম বিন্দু হইবে।

এখন মনে কর, বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখার উপর c, d আর e—এই তিনটি আলাদা বিন্দু লওয়া হইল। ইহা হইতেই মেসিনের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা আঁকিতে হইবে।

(৵০) c, d আর e-বিন্দু হইতে ভূজ পর্যন্ত cc', dd' ও ee'—এই তিনটি দাঁড়া রেখা টান। ইহারা যথাক্রমে c, d আর e-বিন্দুতে মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজের পরিমাণ নির্দেশ করিবে, আর এই তিনটি বিন্দুতে লোড-কারেণ্টের পরিমাণ নির্দেশ করিবে যথাক্রমে oc', od' আর oe'।

(৶০) এইবার c, d আর e-বিন্দু হইতে কোটি পর্যন্ত যথাক্রমে cl, dm ও en—এই তিনটি শয়ান রেখা টান। এখন cl-রেখাটি মেসিনের ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখাকে (OP) m'-বিন্দুতে ছেদ করাতে বুঝিতে হইবে cl যখন মেসিনের লোড-কারেণ্ট, ll' তখন উহার ফীল্ড-কারেণ্ট। সেইরূপ dm যখন মেসিনের লোড-কারেণ্ট, mm' তখন উহার

ফীল্ড-কারেণ্ট, আর en যখন লোড-কারেণ্ট, nn' তখন ফীল্ড-কারেণ্ট। এইবার cl-রেখাকে c-বিন্দু হইতে l'' পর্যন্ত বাড়াইয়া দাও যাহাতে cl''-অংশটি ll'-অংশের সমান হয়। অতএব,

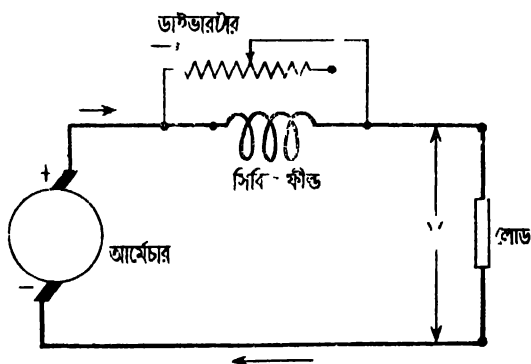
$$ll'' = cl + ll',$$

সুতরাং ll'' রেখাটি c-বিন্দুতে জেনারেটারের আর্মেচার-কারেণ্ট নিদেশ করিবে। সেইরূপ d-বিন্দুতে mm'' আর e-বিন্দুতে nn' রেখা দুইটিও আর্মেচার-কারেণ্ট নির্দেশ করিবে। তাই a, l', m'' ও n'' বিন্দুগুলিকে সংযুক্ত করিয়া যদি একটি রেখা টানা যায় (চিত্রে ফুট্‌কী ফুট্‌কী লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে), তবে তাহা জেনারেটারের প্রান্তিক ভোল্টেজ আর আর্মেচার কারেণ্টের মধ্যে সম্বন্ধ নির্দেশ করিবে।

(।৵) l', m'' ও n''-বিন্দু তিনটি হইতে ভুজের উপর যথাক্রমে $l r$, $m''s$ আর $n'' t$—এই তিনটি দাঁড়া রেখা টান। ইহারা আর্মেচারে তড়িৎ চাপের ঘাটতি-রেখাকে (OR) যথাক্রমে r', s' আর t' বিন্দুতে ছেদ করিল। সুতরাং $l'r$ যখন ডাইনামোর প্রান্তিক ভোল্টেজ, rr' তখন আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের ঘাটতির পরিমাণ। তেমনি ss' আর tt'-ও অন্য দুই অবস্থায় আর্মেচারে ভোল্টেজের পতন বা ঘাটতির পরিমাণ।

(।৵০) l''-বিন্দুর উপরে rr'-এর সমান করিয়া $l''r'$, m''-বিন্দুর উপরে ss'-এর সমান করিয়া $m''s''$ আর n''-বিন্দুর উপরে tt'-এর সমান করিয়া $n''t''$ রেখা টান। এখন a, r'', s'', t''—এই কয়টি বিন্দু স্পর্শ করিয়া একটি রেখা টানিলেই তাহা জেনারেটারের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা হইবে।

৩-৫। সিরিজ জেনারেটার (Series Generator)

সিরিজ জেনারেটারের ফীল্ড-কয়েল উহার আর্মেচার এবং লোডের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে বলিয়া এই মেসিনে আর্মেচার-কারেণ্ট, ফীল্ড-কারেণ্ট আর লোড-কারেণ্টে কোন প্রভেদ নাই। আর্মেচার-কারেণ্টই ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া পোল-কোরে চুম্বকত্বের সৃষ্টি করে। তাই যদি এই কয়েলের রেজিস্ট্যান্স বেশী হয়, তবে তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় ইহাতে অধিক পরিমাণে তড়িৎ-চাপের পতন ঘটিবে, আর সেই সঙ্গে মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ ও কর্মক্ষমতা হ্রাস পাইবে। সেইজন্যই সিরিজ

সিরিজ জেনারেটারে ডাইভারটারের ব্যবহার
৫৩নং চিত্র

ফীল্ডের কয়েলে পাকের সংখ্যা খুব কম রাখা হয়, আর সাণ্ট ফীল্ডের তুলনায় কয়েলের তার যথেষ্ট মোটা থাকে। অনেক সময় আর্মেচারের পূরা কারেণ্ট ফীল্ড দিয়া পাঠাইবার

প্রয়োজন হয় না। সেক্ষেত্রে আর্মেচার-কারেন্টের প্রয়োজনীয় অংশ ফীল্ড-কয়েল দিয়া পাঠাইয়া বাকী অংশ উহার সহিত প্যারালেলে সংযুক্ত আলাদা একটি রাস্তা দিয়া পাঠানো হইয়া থাকে। এই পৃথক রাস্তা কম-বেশী করা যায় (variable) এমন একটি রেজিস্ট্যান্স লইয়া গঠিত। ইংরাজিতে ইহাকে 'ডাইভারটার' (diverter) বলে। ৫৩নং চিত্রে ফীল্ড-কয়েলের সহিত এইরূপ একটি ডাইভারটারের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

সিরিজ জেনারেটারে ডাইভারটার ব্যবহার করিলে একাধিক সুবিধা পাওয়া যায়ঃ

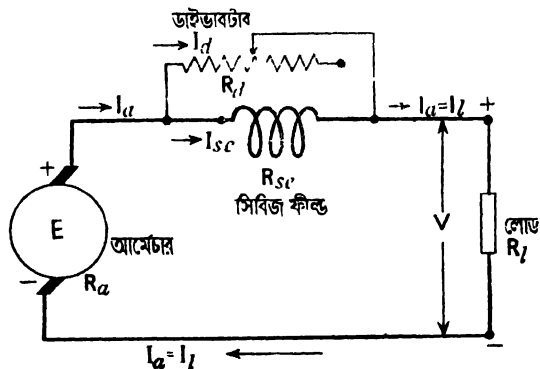
(১) ফীল্ড-কয়েলের সহিত ডাইভারটার প্যারালেলে সংযুক্ত থাকে বলিয়া ফীল্ড-সারকিটের সমবেত রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ কম হয়। ইহাতে ফীল্ডে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি হ্রাস পায়।

(২) আর্মেচার-কারেন্টের কিছু অংশ ডাইভারটার দিয়া প্রবাহিত হওয়ার জন্য ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ কমিয়া যায়, ফলে অপেক্ষাকৃত কম মোটা তার দিয়া ফীল্ডের ওয়াইণ্ডিং সহজেই করা চলে।

(৩) ডাইভারটারের রেজিস্ট্যান্স প্রয়োজনমত কম বা বেশী করা যায়। সেইজন্য ইহার সাহায্যে ফীল্ডের কারেন্ট আর সেই সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। অতএব, ডাইভারটার মেসিনের 'ভোল্টেজ রেগুলেটার' (Voltage Regulator) হিসাবেও কাজ করে।

অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সিরিজ জেনারেটার কারেন্টের পরিমাণ সমান রাখিয়া বাহিরের বর্তনীতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার জন্য ব্যবহার করা হয়। সেই কারণে এই মেসিনকে ইংরাজিতে 'কনস্ট্যান্ট কারেন্ট জেনারেটার' (Constant Current Generator) বলে। কখনও আবার সরবরাহ লাইনের তড়িৎ চাপ উন্নীত করিবার জন্য এই জেনারেটার ব্যবহৃত হইয়া থাকে। তখন ইহাকে বলা হয় 'বুস্টার' (Booster)। মেসিনের এই দুই ব্যবহার সম্বন্ধে পরে বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।

(১) সিরিজ জেনারেটারের বিশিষ্টতা (Characteristics of Series Generator)

৫৪নং চিত্রে একটি সিরিজ জেনারেটারের বিভিন্ন সারকিট, তাহাদের পরস্পরের মধ্যে সংযোগ এবং প্রত্যেকটি সারকিটের রোধ, তড়িৎ-বিভবের পার্থক্য (voltage) ও তড়িৎ-প্রবাহ দেখানো হইয়াছে।

ডি. সি. সিরিজ জেনারেটার
৫৪নং চিত্র

এখন মনে কর,

I_d = ডাইভারটারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত কারেণ্ট,

I_{se} = সিরিজ ফীল্ড-কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত কারেণ্ট,

R_d = ডাইভারটারের রোধ বা রেজিস্ট্যান্স, এবং

R_{se} = সিরিজ ফীল্ড-কয়েলের রোধ।

অন্যান্য চিহ্ন-সকল সাণ্ট জেনারেটারের অনুরূপ।

অতএব

(৴০) ফীল্ড-সারকিটের সমবেত রোধ যদি R হয়, তবে

$$R_s = \frac{R_{se} \times R_d}{R_{se} + R_d} \text{ ওম,}$$

আর যদি ফীল্ড-সারকিটে কোন ডাইভারটার না থাকে, তবে

$$R_s = R_{se} \text{ ওম,}$$

(৵০) $I_a = I_l = I_{se} + I_d$ অ্যাম্পিয়ার,

আর যদি ডাইভারটার না থাকে, তবে

$$I_a = I_l = I_{se} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

(৶০) প্যারালেল সারকিটের ক্ষেত্রে পরিবাহীর রোধ তড়িৎ-প্রবাহের বিপরীত অনুপাতি হয় বলিয়া

$$\frac{I_{se}}{I_d} = \frac{R_d}{R_{se}}$$

(।০) আর্মেচারের প্রতিটি প্যারালেল বাশাখ তড়িৎ-প্রবাহ

$$= \frac{I_a}{P} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

(।৴০) $I_l = \frac{V}{R_l}$ অ্যাম্পিয়ার

(।৵০) $E - V + I_a(R_a + R_s) +$ ব্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ-চাপের পতন

$$= \phi Z \frac{N}{৬০} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট,}$$

(।৶০) আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি $= I_a R_a$ ভোল্ট,

(।।০) সিরিজ ফীল্ডে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি $= I_a R_s$ ভোল্ট,

(।।৴০) জেনারেটারের আউটপুট বা লোড-সারকিটের মোট তড়িৎ-শক্তি

$$= VI_l \text{ ওয়াট অথবা } \frac{VI_l}{১০০০} \text{ কিলোওয়াট,}$$

(।।৵০) জেনারেটারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি

$$= EI_a \text{ ওয়াট অথবা } \frac{EI_a}{১০০০} \text{ কিলোওয়াট,}$$

(।।৶০) জেনারেটারের ইনপুট বা প্রাইম মুভারের আউটপুট

$$= \frac{\text{জেনারেটারের আউটপুট}}{\text{জেনারেটারের কর্মক্ষমতা}},$$

$$= \frac{VI_l \times ১০০}{\text{জেনারেটারের \%, কর্মক্ষমতা}} \text{ ওয়াট},$$

$$= \frac{VI_l \times ১০০}{\text{জেনারেটারের \% কর্মক্ষমতা} \times ৭৪৬} \text{ অশ্বশক্তি।}$$

উদাহরণ ৩-১১। একটি সিরিজ জেনারেটারের ফীল্ড এবং আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স একত্রে ১০ ওম। যদি এই জেনারেটার ২৫০ ভোল্টে ৮০ কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করে, তবে (ক) আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ, ও (খ) জেনারেটারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ কত হইবে? (গ) যদি পূরা লোডসহ চলিবার সময় মেসিনের কর্মক্ষমতা শতকরা ৯০ ভাগ হয়, তবে উহার প্রাইম মুভার কত অশ্বশক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন হওয়া উচিত?

এখানে $R_a + R_s = ১\cdot০$ ওম,

$V = ২৫০$ ভোল্ট, এবং

জেনারেটারের আউটপুট $= ৮\cdot০$ কিলোওয়াট।

ব্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ চাপের ঘাটতির কোন উল্লেখ না থাকায় তাহা উপেক্ষা করিতে হইবে।

এখন $\frac{VI_l}{১০০০} = ৮\cdot০$ কিলোওয়াট।

সুতরাং $I_l = \frac{৮\cdot০ \times ১০০০}{V} = \frac{৮\cdot০ \times ১০০০}{২৫০}$

৩২·০ অ্যাম্পিয়ার

$= I_a \quad (\because I_a = I_l)$।

(ক) আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ $E = V + I_a(R_a + R_s)$

$= ২৫০ + ৩২ \times ১$

$= \underline{২৮২ \text{ ভোল্ট}}$।

(খ) জেনারেটারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি $= \frac{EI_a}{১০০০}$

$= \frac{২৮২ \times ৩২}{১০০০}$

$= \underline{৯\cdot০২৪ \text{ কিলোওয়াট}}$।

(গ) প্রাইম মুভারের ক্ষমতা $= \frac{\text{জেনারেটারের আউটপুট (ওয়াট)} \times ১০০}{\text{জেনারেটারের \% কর্মক্ষমতা} \times ৭৪৬}$

$= \frac{৮\cdot০ \times ১০০০ \times ১০০}{৯০ \times ৭৪৬}$

$= ১১\cdot৯২$ অশ্বশক্তি।

উদাহরণ ৩-১২। একটি ডি. সি. সিরিজ জেনারেটার ২২০ ভোল্টে ১৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। এই কারেন্ট ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় চুম্বক-ক্ষেত্রের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ (ampere-turns) শতকরা ২০ ভাগ বেশী হয়। যদি অ্যাম্পিয়ার-টার্ণকে কমাইয়া প্রয়োজন অনুযায়ী রাখিতে হয়, তবে মেসিনে কত ওম রোধ বিশিষ্ট ডাইভারটার ব্যবহার করিতে হইবে? ফীল্ড-কয়েলের রোধ ০·০৬ ওম।

এখানে $V =$ ২২০ ভোল্ট,

$I_l = I_a =$ ১৫০ অ্যাম্পিয়ার, এবং

$R_{se} =$ ০·০৬ ওম।

ফীল্ড-কয়েলের পাকের সংখ্যা এবং উহার ভিতর দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট (অ্যাম্পিয়ার)—এই দুইয়ের গুণফলকে চুম্বক-ক্ষেত্রের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ বলে। ইহার সাহায্যেই তড়িৎ-চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে। এখানে কয়েলের পাকের সংখ্যা কম বা বেশী করা সম্ভব নয় বলিয়া ফীল্ড-কয়েল দিয়া অপেক্ষাকৃত কম কারেন্ট পাঠাইয়া অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ প্রয়োজন অনুযায়ী রাখিতে হইবে। আবার অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ শতকরা ২০ ভাগ বেশী হওয়ায় বুঝিতে হইবে যে, উহা শতকরা ১২০ ভাগ হইয়াছে। সুতরাং

অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ শতকরা ১২০ ভাগ হইলে $I_{se} =$ ১৫০ অ্যাম্পিয়ার হয়

" " " ১ " " $I_{se} = \frac{১৫০}{১২০}$ "

" " " ১০০ " " $I_{se} = \frac{১৫০}{১২০} \times ১০০$

$=$ ১২৫ " " ।

অতএব, চুম্বক-ক্ষেত্রের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ প্রয়োজন অনুযায়ী রাখিতে হইলে ফীল্ড কয়েলে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ ১৫০ অ্যাম্পিয়ার হইতে কমাইয়া ১২৫ অ্যাম্পিয়ার করিতে হইবে, আর আর্মেচার কারেন্টের বাকী অংশ ডাইভারটার দিয়া পাঠাইতে হইবে। সুতরাং ডাইভারটারের মধ্যদিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ

$I_d = I_a - I_{se} =$ ১৫০ − ১২৫

$=$ ২৫ অ্যাম্পিয়ার।

আবার $\frac{R_d}{R_s} = \frac{I_s}{I_d}$

$\therefore \quad R_d = \frac{I_{se} \times R_s}{I_d} = \frac{১২৫ \times ০·০৬}{২৫}$

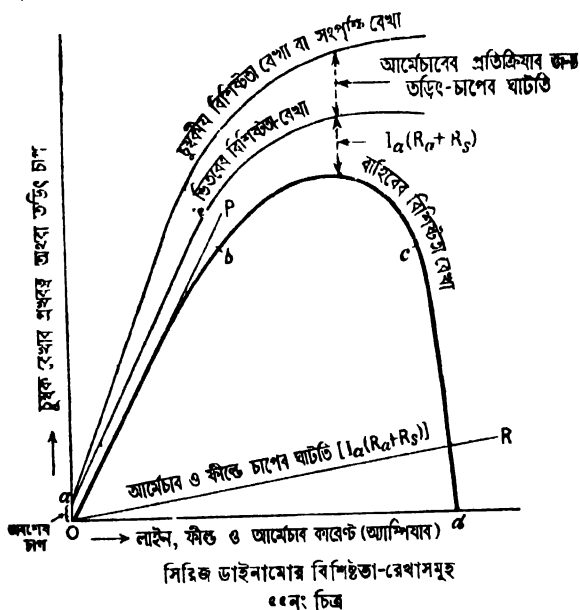
$=$ ০·৩ ওম।

(২) সিরিজ জেনারেটারের বিভিন্ন প্রকার বিশিষ্টতা-রেখা সম্বন্ধে আলোচনা (Different Characteristics of Series Generators)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, সিরিজ জেনারেটারে আর্মেচার-কারেন্ট, ফীল্ড-কারেন্ট আর লোড-কারেন্টে কোন প্রভেদ নাই। লোড-কারেন্টই ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া চুম্বকত্বের সৃষ্টি করে। সেইজন্য যখন মেন সুইচ্ খোলা থাকে (অর্থাৎ

জেনারেটারে কোন লোড দেওয়া না থাকে), তখন মাত্র ফীল্ড-পোলের চুম্বকত্বের অবশেষের জন্য যতটুকু তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইতে পারে, ততটুকুই হয়। মেন সুইচ্ বন্ধ করিবার পরে এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ যতটুকু কারেণ্ট সৃষ্টি করে, তাহা ফীল্ড-কয়েলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া পোলের চুম্বকত্ব কিছু বৃদ্ধি করে। তখন সেই বর্ধিত চুম্বক-রেখা আর্মেচারের পরিবাহীর দ্বারা কর্তিত হওয়ায় আর্মেচারে আরও একটু বেশী চাপ আবিষ্ট হয়। এই বর্ধিত চাপ আবার সেই অনুযায়ী কিছু বেশী কারেণ্ট উৎপাদন করে, এবং সেই কারেণ্ট আবার ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া আরও জোরাল চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করে। এইভাবে উত্তরোত্তর চুম্বকত্বের জোর, আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ আর কারেণ্ট—এই তিনটিই বাড়িতে থাকে, কিন্তু তাহারা যে অনির্দিষ্টভাবে বাড়িয়াই চলিবে, তাহা হয় না। এক সময়ে চুম্বকের সংপৃক্তি (saturation) আসে, যখন চুম্বক-ক্ষেত্র আর অধিক প্রখর হইতে পারে না। তাহার উপর আবার কারেণ্ট যত বাড়িতে থাকে, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়াও তত বাড়ে, আর এই বর্ধিত কারেণ্ট ফীল্ড-কয়েল ও আর্মেচারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হওয়ার ফলে তড়িৎ-চাপের ঘাটতিও (voltage drop) বৃদ্ধি পায়। তখন এই দুই বিরুদ্ধ প্রভাবের ফলে কারেণ্ট বাড়িলেও আবিষ্ট চাপ আর বাড়ে না, বরং কমিয়া যায়, সুতরাং কারেণ্টও আর বাড়িতে পারে না। ৫৫নং চিত্রে ডাইনামোর বিশিষ্টতা-রেখা লক্ষ্য করিলেই এই সকল বিষয় স্পষ্ট বুঝিতে পারা যাইবে।

সিরিজ ডাইনামোর বিশিষ্টতা-রেখাসমূহ

৫৫নং চিত্র

এই চিত্রে জেনারেটারের যে-সকল বিশিষ্টতা-রেখা দেখানো হইয়াছে তাহাদের মধ্যে প্রথমে **"চুম্বকীয় বিশিষ্টতা-রেখা"** বা **"সংপৃক্তি রেখাটি"** লক্ষ্য কর।

পোল-কোরে সামান্য চুম্বকত্ব থাকেই, নইলে আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের উৎপাদন সুরু হইতে পারে না। সেইজন্য সংপৃক্তি রেখা লেখচিত্রের o-বিন্দু হইতে আরম্ভ হয় না, কিছু উপরে থাকে। চিত্রে এই পরিমাণ তড়িৎ-চাপ (voltage) oa-দ্বারা দেখানো হইয়াছে। এখন, উপরে যেরূপ বলা হইয়াছে, সেইভাবে a-বিন্দু হইতে সুরু হইয়া আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ক্রমে ক্রমে বাড়িতে থাকে, এবং গোড়ার দিকে তাহা তড়িৎ-প্রবাহের অনুপাতেই বৃদ্ধি পায় বলিয়া বিশিষ্টতা-রেখা প্রায় সরলরেখার আকারে থাকে। ইহার পর কারেণ্ট যত বাড়ে, ফীল্ড-পোলগুলি ততই সংপৃক্ত (saturated) হইতে আরম্ভ করে ; ফলে রেখাচিত্র বাঁকিয়া যায়, আর শেষ পর্যন্ত প্রায় শয়ানভাব (horizontal) ধারণ করে। তবে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য চুম্বক-ক্ষেত্র কখনই এতটা প্রখর হইয়া উঠিতে পারে না।

আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার ফলে বিরুদ্ধ চুম্বক-রেখার জন্য যে-পরিমাণ তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, চুম্বকীয় বিশিষ্টতা-রেখা হইতে তাহা বাদ দিলে মেসিনের **ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা (Internal Characteristic)** পাওয়া যায়। সংপৃক্তি রেখার ঠিক নীচেই এই বিশিষ্টতা-রেখাটি দেখানো হইয়াছে। সঙ্গে সঙ্গে আর্মেচার আর ফীল্ড দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার জন্য এই দুইয়ের মধ্যেও কিছু কিছু চাপের ঘাটতি হয়। যেহেতু ইহারা সিরিজে থাকে, তাই ইহাদের রেজিস্ট্যান্সকে যোগ করিয়া কারেণ্ট দিয়া গুণ করিলেই ডাইনামোতে যে চাপের ঘাটতি হয় [$I_a (R_a + R_s)$], তাহা পাওয়া যায়। ৫৫নং চিত্রে নীচের দিকে এই ঘাটতি-রেখা oR দ্বারা দেখানো হইয়াছে। দ্বিতীয় বিশিষ্টতা-রেখা হইতে এই ঘাটতি রেখাটি বাদ দিলে যে রেখার উৎপত্তি হয়, সেই তৃতীয় রেখাই মেসিনের **বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা (External Characteristic)**।

বাহিরের রেজিস্ট্যান্স (external resistance) যত বেশী হয়, জেনারেটারের কারেণ্ট তত কমে। যদি কোন সিরিজ জেনারেটারের সহিত যুক্ত লোড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স উত্তরোত্তর বাড়িয়াই চলে, তবে শেষ পর্যন্ত এমন এক অবস্থা আসে, যখন রেজিস্ট্যান্স আর বেশী বাড়িলে ফীল্ড কয়েল দিয়া যত কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তাহাতে মেসিন আর তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে পারে না। এই রেজিস্ট্যান্সকে জেনারেটারের **বাহিরের ক্রিটিক্যাল রেজিস্ট্যান্স (External Critical Resistance)** বলে। মেসিনের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা হইতে এই রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ অতি সহজে নির্ণয় করা যায়। লেখচিত্রের o-বিন্দু হইতে যদি এমন একটি সরলরেখা টানা হয় যাহা বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখাকে স্পর্শ করিয়া (tangent হইয়া) যায়, তবে সেই স্পর্শক ভুজের সহিত যে কোণ রচনা করে তাহারই ট্যান্‌জেণ্ট ($\tan \theta$) ক্রিটিক্যাল রেজিস্ট্যান্স হয়। ৫৫নং চিত্রে oP-রেখাটির সাহায্যে এই স্পর্শককে দেখানো হইয়াছে।

লোড-কারেণ্টের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে একটি সিরিজ জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ যেভাবে পরিবর্তিত হয়, তাহা নিম্নে সংক্ষেপে বলা হইল :

আর্মেচারের সহিত ফীল্ড-কয়েল যদি এমনভাবে সংযুক্ত থাকে যাহাতে মেসিন চালু হইবার পরে ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেণ্ট ফীল্ড-পোলের চুম্বকত্বের অবশেষের (residual magnetism) সহায়ক হয়, তবেই জেনারেটার তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে সুরু করিবে, নচেৎ করিবে না। এই সময় অবশ্যই লোড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স বাহিরের ক্রিটিক্যাল রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা কম থাকিবে। লোড যত বাড়িবে, লোড-কারেণ্ট এবং সেই সঙ্গে টার্মিন্যাল ভোল্টেজও প্রথমদিকে ততই উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। সেইজন্য গোড়ার দিকে বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা একটি সরলরেখা হিসাবে উপরের দিকে উঠিবে। ৫৫নং চিত্রে বিশিষ্টতা-রেখার o হইতে b-বিন্দু পর্যন্ত অংশ এইভাবেই দেখানো হইয়াছে।

লোডের পরিমাণ আরও বৃদ্ধি পাইলে ফীল্ডের চুম্বকগুলি ক্রমশঃ সংপৃক্ত (saturated) হইতে আরম্ভ করিবে। তখন বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখাও বাঁকিয়া যাইবে এবং ক্রমে শয়ান অবস্থায় আসিবে। মেসিনের এই অবস্থা রেখাচিত্রের b হইতে c-বিন্দু পর্যন্ত অংশের দ্বারা দেখানো হইয়াছে।

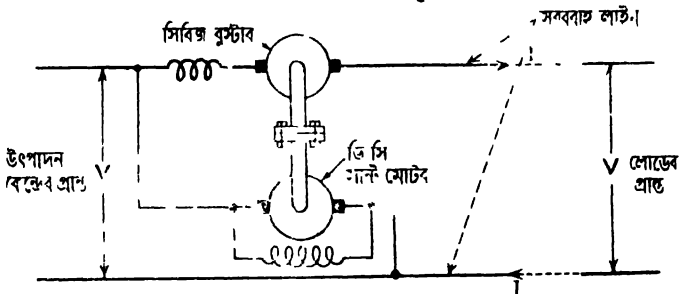
যদি ইহার পরেও ডাইনামো হইতে আরও কারেণ্ট লওয়া হয়, তবে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া এবং মেসিনের রেজিস্ট্যান্সজনিত ভোল্টেজের অপচয় আরও বৃদ্ধি পাইবে, এবং সেইজন্য বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা নীচের দিকে ঝুলিয়া পড়িবে, অর্থাৎ টার্মিন্যাল ভোল্টেজ পূর্বাপেক্ষা কমিয়া যাইবে। শীঘ্রই এই ভোল্টেজ একেবারে শূন্যমানে আসিয়া দাঁড়াইবে, এবং জেনারেটার তখন সর্ট-সারকিটের অবস্থায় থাকিয়া কারেণ্ট সরবরাহ করিবে। বিশিষ্টতা-রেখার c হইতে d-বিন্দু পর্যন্ত অংশ এই অবস্থাই নির্দেশ করিতেছে। কিন্তু রেখাচিত্রের এই অংশে কারেণ্টের পরিমাণ মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকিবে। সেইজন্য সাণ্ট অথবা কম্পাউণ্ড জেনারেটার অপরিবর্তিত তড়িৎ-চাপে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার জন্য ব্যবহৃত হইলেও সিরিজ জেনারেটার সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয় তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ অপরিবর্তিত রাখিয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার জন্য। এই কারণে সিরিজ ডাইনামোকে ইংরাজিতে **"কনস্ট্যাণ্ট কারেণ্ট জেনারেটার" (Constant Current Generator)** বলে। কিন্তু কনস্ট্যাণ্ট কারেণ্টের অবস্থায় আনিতে হইলে জেনারেটারকে বিশিষ্টতা-রেখার cd-অংশে পরিচালনা করা প্রয়োজন। তাই সিরিজ জেনারেটারে চুম্বকগুলি সর্বদাই সংপৃক্ত অবস্থায় থাকে, আর আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া যাহাতে সর্বদা অতিশয় প্রখর থাকে সেইভাবে মেসিনকে নির্মাণ করা হয়। যখন আর্ক ল্যাম্পের (arc lamp) ব্যবহার প্রচলিত ছিল, তখন অনেকগুলি বাতি একত্রে সিরিজে যোগ করিয়া স্টেশনে, ষ্টিমারের জেটিতে, কারখানার খোলা জায়গায় (yard) প্রভৃতি স্থানে আলোর ব্যবস্থা করা হইত, আর সেই সকল বাতিতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হইত কনস্ট্যাণ্ট কারেণ্ট জেনারেটারের সাহায্যে। কিন্তু বর্তমানে এই ব্যবস্থার চলন উঠিয়া গিয়াছে।

(৩) সিরিজ বুস্টার (Series Booster)

যখন সিরিজ জেনারেটার উহার বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখার সোজা অংশে অর্থাৎ o হইতে b-বিন্দু পর্যন্ত অংশে কাজ করে, তখন কারেন্ট বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে উহার ভোল্টেজও বৃদ্ধি পায়। লোড যত বাড়ে মেসিনের প্রান্তিক চাপও তত বাড়ে, আবার লোড যত কমে উহার প্রান্তিক চাপও তত কমিতে থাকে। জেনারেটারের এই বিশিষ্টতার জন্যই উহা উৎপাদন কেন্দ্রের দিকে সরবরাহ লাইনের প্রান্তে প্রয়োজনমত তড়িৎ-চাপকে উন্নত করিবার কাজে ব্যবহৃত হয়। বুস্টার উৎপাদন কেন্দ্রের বাস-বার আর সরবরাহ লাইনের মাঝখানে উভয়ের সহিত সিরিজে যুক্ত হইয়া অবস্থান করে। ইহাতে বুস্টারের প্রান্তিক চাপ বাস-বার ভোল্টেজের সহিত একত্রিত হইয়া লাইনের ভোল্টেজকে উন্নত করিতে পারে, আর সেই কারণেই এই মেসিন ইংরাজিতে 'সিরিজ বুস্টার' নামে পরিচিত।

সরবরাহ লাইন যদি দীর্ঘ হয়, তবে উহার পরিবাহীসমূহের রেজিস্ট্যান্সও যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়। তখন এই লাইন দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় উল্লেখযোগ্য পরিমাণে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি দেখা দেয়। লোডের যে-কোন অবস্থাতেই যাহাতে এই ঘাটতি পূরণ করিয়া লাইনের তড়িৎ চাপ অপরিবর্তিত রাখা যায়, সেইজন্যই কোন কোন ক্ষেত্রে বুস্টার ব্যবহৃত হইয়া থাকে। যেহেতু লাইনে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি আর বুস্টারের প্রান্তিক চাপ, উভয়ই লোড-কারেন্টের সমানুপাতি, অতএব বুস্টারের পক্ষে আপনা হইতেই লোডের সকল অবস্থাতে এই ঘাটতি পূরণ করা সম্ভব হয়।

সাধারণতঃ একটি ডি সি শান্ট মোটরের সাহায্যে বুস্টারের আর্মেচারকে ঘুরানো হয়। লাইনের সহিত বুস্টার এবং শান্ট মোটরের সংযোগ ৫৬নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। যেহেতু বুস্টার একটি সিরিজ মেসিন অতএব কোন কারণে শান্ট মোটরের সহিত উহার সংযোগ বিচ্ছিন্ন হইয়া গেলে সরবরাহ লাইন হইতে বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ

সিরিজ বুস্টার
৫৬নং চিত্র

করিয়া এই মেসিন লোডশূন্য অবস্থায় মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করিবে, এবং তখন উহার গতিবেগ অতিরিক্ত মাত্রায় বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য মেসিনটি সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হইবে। সেইজন্য বুস্টারের শাফ্টের সহিত শান্ট মোটরের শাফ্ট সরাসরি যুক্ত (directly

coupled) থাকাই উচিত, বেল্টের সাহায্যে উভয়ের মধ্যে সংযোগ থাকিলে তাহা মেসিন পরিচালনার পক্ষে নির্ভরযোগ্য ব্যবস্থা হইবে না। যে-মুহূর্তে বেল্ট ছিঁড়িয়া যাইবে, কিংবা উহার জোড়ের মুখ খুলিয়া যাইবে, সেই মুহূর্তে বুস্টার মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করিবে।

উদাহরণ ৩-১৩। একটি দুই তার বিশিষ্ট সরবরাহ লাইনের দৈর্ঘ্য ৩ কিলোমিটার এবং উৎপাদনকেন্দ্রের প্রান্তে ঐ লাইনের তড়িৎ-চাপ ২৩০ ভোল্ট। লাইনের প্রত্যেকটি পরিবাহীর রোধ প্রতি মিটারে ০.০০০০২৫ ওম। যদি পুরা লোড চালু থাকার সময় এই লাইন দিয়া ১৫০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তবে লোড-প্রান্তে তড়িৎ বিভবের পার্থক্য ২৩০ ভোল্ট রাখিতে হইলে বুস্টারের প্রান্তিক চাপ ও আউটপুট কত হওয়া প্রয়োজন?

সরবরাহ লাইন দুই-তার বিশিষ্ট বলিয়া পরিবাহীর মোট দৈর্ঘ্য

$$= ৩ \times ২ = ৬ \text{ কিলোমিটার}$$

$$= ৬০০০ \text{ মিটার।}$$

সুতরাং পরিবাহীর মোট রেজিস্ট্যান্স,

$$R = ০.০০০০২৫ \times ৬০০০$$

$$= ০.১৫ \text{ ওম।}$$

পুরা লোড চালু থাকার সময় লাইনে তড়িৎ চাপের ঘাটতি

$$= IR = ১৫০ \times ০.১৫$$

$$= ২২.৫ \text{ ভোল্ট।}$$

যেহেতু উৎপাদন কেন্দ্রের দিকে আর লোডের প্রান্তে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ সমান থাকিবে, অতএব লাইনের এই ঘাটতি বুস্টারের প্রান্তিক চাপকেই পূরণ করিতে হইবে। সুতরাং

$$\text{বুস্টারের প্রান্তিক চাপ} = \underline{২২.৫ \text{ ভোল্ট}}\text{।}$$

লাইনের সহিত বুস্টার সিরিজে সংযুক্ত থাকে বলিয়া পুরা লোড কারেন্টই বুস্টারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। অতএব

$$\text{বুস্টারের আউটপুট} = \frac{২২.৫ \times ১৫০}{১০০০}$$

$$= \frac{৩৩৭৫}{১০০০}$$

$$= \underline{৩.৩৭৫ \text{ কিলোওয়াট}}\text{।}$$

উদাহরণ ৩-১৪। একটি সিরিজ জেনারেটার বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রের বাস-বার ও সরবরাহ লাইনের মধ্যে সংযুক্ত থাকিয়া বুস্টার হিসাবে কাজ করিতেছে। বাহিরের বিশিষ্টতা রেখার যে অংশে এই জেনারেটারটি পরিচালিত হইতেছে, সেই অংশ একটি সরলরেখা, এবং তাহা শূন্যমান হইতে সুরু হইয়া ২০০ অ্যাম্পিয়ার এবং ৫০ ভোল্ট লাইনের সংযোগ-বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত রহিয়াছে। যদি সরবরাহ লাইনের মোট রেজিস্ট্যান্স ০.৩ ওম হয়, তবে লাইনে ১৬০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হইবার সময় উৎপাদন কেন্দ্রের তড়িৎ বিভব ও লোড প্রান্তের তড়িৎ বিভবের মধ্যে পার্থক্য কত ভোল্ট হইবে?

বুস্টারের বিশিষ্টতা-রেখা সরলরেখা হয় বলিয়া উহার প্রান্তিক চাপ লাইন-কারেণ্টের সমানুপাতি থাকে। সুতরাং লাইন দিয়া যখন ১৬০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তখন বুস্টারের প্রান্তিক চাপ v-ভোল্ট হইলে

$$v \propto ১৬০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

আবার ২০০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট প্রবাহিত হইবার সময় বুস্টার ৫০ ভোল্ট সরবরাহ করে। অতএব

$$৫০ \text{ ভোল্ট} \propto ২০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

সুতরাং $\frac{v}{৫০} = \frac{১৬০}{২০০}$,

অথবা $v = \frac{১৬০ \times ৫০}{২০০} = ৪০$ ভোল্ট।

এখন, উৎপাদন কেন্দ্রের তড়িৎ-চাপ যদি V-ভোল্ট ধরিয়া লওয়া যায়, তবে ঐ প্রান্তে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ (V+৪০) ভোল্ট হইবে। কিন্তু ১৬০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় লাইনে মোট তড়িৎ-চাপের ঘাটতি

$$= IR = ১৬০ \times ০\cdot৩$$
$$= ৪৮ \text{ ভোল্ট।}$$

অতএব লোড-প্রান্তের তড়িৎ-চাপ

$$= (V+৪০) - ৪৮$$
$$= V - ৮ \text{ ভোল্ট।}$$

সুতরাং উৎপাদন কেন্দ্রের তড়িৎ-বিভব ও লোড-প্রান্তের তড়িৎ-বিভবের মধ্যে পার্থক্য

$$= V - (V - ৮)$$
$$= ৮ \text{ ভোল্ট।}$$

৩·৬। কম্পাউণ্ড জেনারেটার (Compound Generator)

(১) সাণ্ট জেনারেটারের প্রকৃতিগত ত্রুটি, আর তাহার প্রতিকারের নিমিত্ত কম্পাউণ্ড জেনারেটারের উৎপত্তি

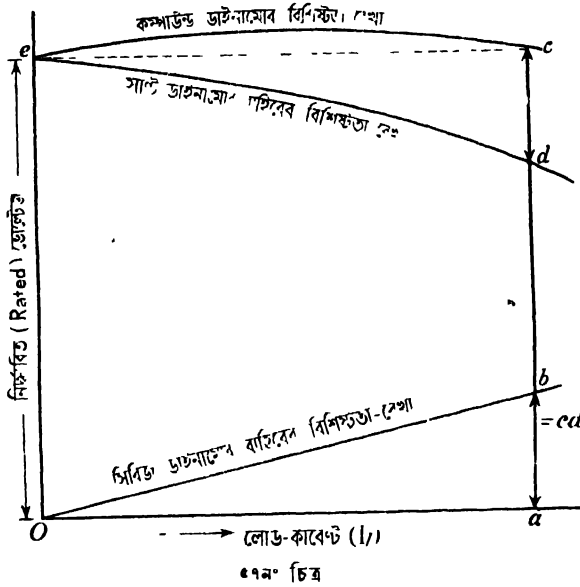
সাণ্ট জেনারেটার হইতে যত বেশী কারেণ্ট লওয়া হয় (অর্থাৎ এই মেসিনে যত বেশী লোড দেওয়া যায়), উহার টার্মিন্যাল ভোল্টেজ ততই কমিতে থাকে। ইহাই এই মেসিনের প্রকৃতিগত দোষ। ফলে যখন একসঙ্গে সব কয়টি আলো জ্বলে, তখন প্রত্যেকটি বাতি হইতে যে পরিমাণ আলোকরশ্মি পাওয়া উচিত, তাহা পাওয়া যায় না ; আর মোটর, পাখা প্রভৃতিও কিছু কম জোরে ঘুরিতে থাকে। তাহার উপর আবার যে বাতি বা যে মোটর জেনারেটার হইতে যত বেশী দূরে অবস্থিত, সেই বাতি বা সেই মোটরের টার্মিন্যালে তত কম ভোল্টেজ পাওয়া যায়, কারণ জেনারেটারের

আর্মেচারে রেজিস্ট্যান্সের জন্য আর আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য ভোল্টেজের যে ঘাটতি হয়, তাহা ছাড়াও যে তার দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ ঐ সকল বাতি বা মোটরে যায়, সেই তারেও কিছু পরিমাণ তড়িৎ-বিভবের পতন ঘটে। এই সকল কারণ একত্রিত হওয়াতে বাতি বা মোটরের প্রান্তে যে তড়িৎ চাপ পাওয়া যায়, তাহা জেনারেটারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা কম হয়।

এখন, সান্ট জেনারেটারের প্রকৃতিগত এই ত্রুটির প্রতিকার সচরাচর দুই প্রকারে করা হইয়া থাকে। এক: সান্ট ফীল্ডের সহিত সিরিজে প্রায় সর্বত্রই যে ফীল্ড রেগুলেটার লাগানো থাকে, তাহার রেজিস্ট্যান্স কমাইয়া দিলে ফীল্ড-সারকিটের সমবেত রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ কিছু কমিয়া যায়। তখন ফীল্ড কয়েল দিয়া অপেক্ষাকৃত বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হয় বলিয়া আর্মেচারে আরও অধিক তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইতে পারে। এই অতিরিক্ত তড়িৎ-চাপ সারকিটে তড়িৎ-বিভবের নানাপ্রকার ঘাটতি পুরণ করা ছাড়াও সরবরাহ লাইনের দূর-প্রান্তে উপযুক্ত ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে সাহায্য করে। দুই: মেসিনের প্রত্যেক পোল-কোরের গায়ে দুইটি করিয়া কয়েল জড়ানো থাকিলেও লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পায়। এই দুই কয়েলের একটি আর্মেচারের সহিত প্যারালেলে সান্ট-কয়েল হিসাবে আর অন্যটি আর্মেচারের সহিত সিরিজে সিরিজ-কয়েল হিসাবে ব্যবহৃত হয়। মনে কর, কোন ডাইনামোতে চারিটি ফীল্ড-পোল আছে। এই পদ্ধতি অনুসারে সেই মেসিনে সর্বসমেত আটটি ফীল্ড-কয়েল থাকিবে। ইহাদের মধ্যে চারিটি ফীল্ড-কয়েল পরস্পরের সহিত সিরিজে যুক্ত হইয়া আর্মেচারের সহিত প্যারালেলে সংযুক্ত থাকিবে এবং সান্ট জেনারেটারের ফীল্ড-কয়েলের ন্যায় কাজ করিবে। অপর চারিটি কয়েল আবার পরস্পরের সহিত সিরিজে যুক্ত হইয়া আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকিবে এবং সিরিজ জেনারেটারের ফীল্ড-কয়েলের ন্যায় কাজ করিবে। এই দুই প্রকার ফীল্ডের সমবেত ক্রিয়ার ফলে সান্ট ডাইনামোর যে প্রকৃতিগত ত্রুটি, তাহা দূর হয়। তখন লোডের সকল অবস্থাতেই মেসিনের প্রান্তিক চাপ মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকে, আর লোড বেশী হইলেও দূরের বাতি কিংবা মোটরের টার্মিন্যালে প্রয়োজনীয় ভোল্টেজ পাওয়া যায়। এই প্রকার মেসিনকেই 'কম্পাউণ্ড জেনারেটার' বলে। সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানসমূহ উৎপাদন কেন্দ্রে অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ (direct current) উৎপন্ন করিবার জন্য সাধারণতঃ এই জাতীয় জেনারেটারই বেশী ব্যবহার করিয়া থাকেন।

লোডের সকল অবস্থাতেই একটি কম্পাউণ্ড জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ কিভাবে মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকে, তাহা নিম্নে ৫৭নং চিত্রের সাহায্যে বুঝানো হইল। এই চিত্রের মাঝখানে সান্ট ডাইনামোর বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা (*ed*) দেখানো হইয়াছে, এবং তাহা হইতে দেখা যাইতেছে যে, যখন জেনারেটারটি *oa* পরিমাণ কারেণ্ট সরবরাহ করে, তখন লোডশূন্য অবস্থায় আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা মেসিনের প্রান্তিক চাপ *cd* পরিমাণ কমিয়া যায়। অন্যদিকে সিরিজ ডাইনামোর বিশিষ্টতা (*ob*) হইতে আমাদের জানা আছে যে, যতক্ষণ পর্যন্ত সেই মেসিনের

চুম্বকগুলি সংপৃক্ত না হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত মেসিনের লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ বাড়িয়াই চলে। অতএব যদি ফীল্ড-পোলের উপর এমন একটি সিরিজ-কয়েল জড়ানো হয় যাহার সাহায্যে মেসিনে লোড দেওয়ার পরে আর্মেচারে ঠিক *cd* পরিমাণ অতিরিক্ত তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করা যায়, তবে সুরু হইতে

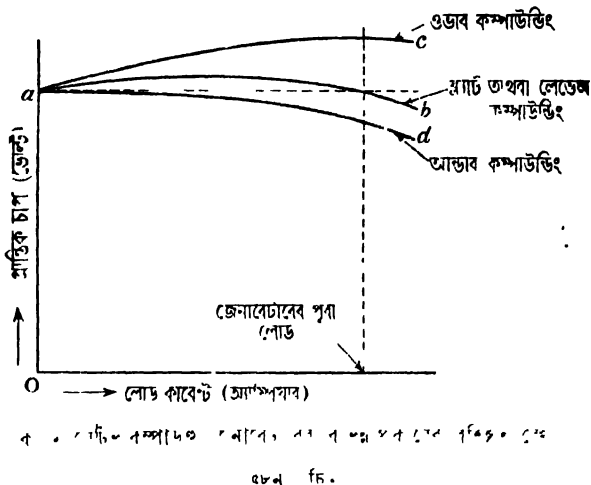
৫৭নং চিত্র

শেষ পর্যন্ত মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ আপনা হইতেই উহার নির্ধারিত (rated) মানে অপরিবর্তিত থাকিবে, লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে কমিয়া যাইবে না। ইহাই কম্পাউণ্ড জেনারেটারের বিশেষত্ব।

কম্পাউণ্ড জেনারেটার প্রধানতঃ দুই শ্রেণীর হইয়া থাকে—কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটার আর ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড জেনারেটার।

(২) কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটারের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার (Characteristics and uses of Cumulative Compound Generators)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, যে জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ড উহার সান্ট ফীল্ডের সহায়ক হয়, অর্থাৎ যে জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ডের সাহায্যে উৎপন্ন চুম্বকত্ব উহার সান্ট ফীল্ডের সাহায্যে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে আরও বাড়াইয়া তোলে, তাহাকে 'কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটার' বলে। সিরিজ ফীল্ডের এই সহায়তার পরিমাণ অনুসারে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটারে তিন প্রকারের বিশিষ্টতা দেখিতে পাওয়া যায়। এই সকল বিশিষ্টতা-রেখা ৫৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে এবং নিম্নে তাহাদের

সম্বন্ধে বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা হইয়াছে। বিশিষ্টতা বিভিন্ন প্রকারের হয় বলিয়া জেনারেটারও ভিন্ন ভিন্ন কাজের পক্ষে উপযোগী হইয়া থাকে।

[illegible]

৫৮ন চি.

(ক) ফ্ল্যাট অথবা লেভেল কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার (Flat or Level Compounded Generator)

সিরিজ ফীল্ডের সাহায্যে পূর্ণ লোডে যখন কোন কম্পাউণ্ড জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ উহার লোডশূন্য অবস্থায় উৎপন্ন তড়িৎ চাপের সমান থাকে, তখন সেই মেসিনকে 'ফ্ল্যাট কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার' বা 'লেভেল কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার' বলা হয়। এই মেসিনের বিশিষ্টতা ৫৮ন চিত্রে ab-রেখাচিত্রটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।

কোন জেনারেটারেই প্রান্তিক চাপকে লোডের সকল অবস্থাতে উহার নির্ধারিত মানে (rated value) অপরিবর্তিত রাখা সম্ভব হয় না। সাধারণতঃ দেখা যায় যে, লোডশূন্য অবস্থা হইতে ক্রমে ক্রমে লোড যত বাড়িতে থাকে, প্রথম দিকে মেসিনের তড়িৎ-চাপও সেই সঙ্গে কিছু কিছু বাড়ে; কিন্তু পরে আবার তাহা কমিতে আরম্ভ করে, এবং পূর্ণ লোডে সেই তড়িৎ চাপ কমিয়া লোডশূন্য অবস্থার সমান হইয়া দাঁড়ায়। তড়িৎ চুম্বকের সংপৃক্তির জন্যই তড়িৎ-চাপ এইভাবে পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ অল্প পরিমাণ লোড সংযুক্ত থাকিলে সিরিজ ফীল্ড যতটা চুম্বক-রেখা বৃদ্ধি করিতে পারে, সংপৃক্তির প্রভাবে পূর্ণ লোডে সেই অনুপাতে চুম্বক-রেখা বৃদ্ধি করিতে পারে না। ফলে জেনারেটারের বিশিষ্টতা-রেখা ভূজের পুরাপুরি সমান্তরাল না হইয়া উপরের দিকে একটু বাঁকিয়া যায়।

ফ্ল্যাট কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার সাধারণতঃ, যে অঞ্চলে সরবরাহ ব্যবস্থা আছে সেখান হইতে দূরে বিচ্ছিন্নভাবে অবস্থিত, কোন হোটেল বা অফিস বাড়ীতে বিদ্যুৎ উৎপাদনের কাজে ব্যবহৃত হয়। এই সকল ক্ষেত্রে প্রধানতঃ আলো আর পাখাই লোড হিসাবে

বর্তনীতে সংযুক্ত থাকে ; আর যেহেতু উৎপাদন কেন্দ্রেই সমস্ত লোড-সারকিট অবস্থিত, অতএব ওয়্যারিং করিবার সময় উপযুক্ত আয়তনের পরিবাহী ব্যবহার করিলে লাইনের তারে তড়িৎ বিভবের পতন হয় অতি সামান্যই। তাই লোডের পরিমাণ কম বা বেশী যাহাই হউক না কেন, সকল অবস্থাতেই প্রত্যেকটি লোড উহার নির্দিষ্ট ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাইয়া থাকে।

(খ) ওভার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার (Over Compounded Generator)

যখন পুরা লোডে কোন জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ উহার লোডশূন্য অবস্থায় উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা অধিক হয়, তখন সেই মেসিনকে 'ওভার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার' বলে। এই জেনারেটারের বিশিষ্টতা *ac*-রেখাচিত্রটির (৫৮নং চিত্র) সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। ইহার সিরিজ কয়েলের পাকের সংখ্যা অন্যান্য জেনারেটারের তুলনায় কিছু বেশী থাকে যাহাতে এই কয়েলের উত্তেজন আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া, আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ডে চাপের ঘাটতি প্রভৃতি পূরণ করিয়া আরও কিছু বেশী চাপ আর্মেচারে উৎপন্ন করিতে সক্ষম হয়। ফলে লোড যত বাড়িতে থাকে, মেসিনের প্রান্তিক চাপও ততই বৃদ্ধি পায়, আর সেইজন্য উহার বিশিষ্টতা-রেখা লোডশূন্য অবস্থা হইতে পূরা লোডের দিকে অগ্রসর হইবার সময় ক্রমশঃ উপরের দিকে উঠিতে থাকে।

যে-সকল লোড-সারকিট উৎপাদন কেন্দ্র হইতে অনেকটা দূরে অবস্থিত, সেই সকল বর্তনীতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার পক্ষে ওভার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার অতিশয় উপযোগী। এই সকল বর্তনী দিয়া কারেন্ট প্রবাহিত হইবার সময় লাইনের রেজিস্ট্যান্সের দরুন উল্লেখযোগ্য পরিমাণে তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে। এখন, লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে লাইনের পরিবাহীতে ভোল্টেজের এই ঘাটতি যতটা বাড়ে, জেনারেটারের প্রান্তিক চাপও যদি সেই সঙ্গে ঠিক ততটাই বৃদ্ধি পায়, তবে লোডের সকল অবস্থাতেই তড়িৎ বিভবের পতন অতিরিক্ত চাপের সাহায্যে পূরণ করিতে কোন অসুবিধা দেখা দেয় না, আর তখন সরবরাহ ব্যবস্থার দূরতম প্রান্তেও নির্ধারিত তড়িৎ-চাপে বিদ্যুৎ পৌঁছাইতে পারে।

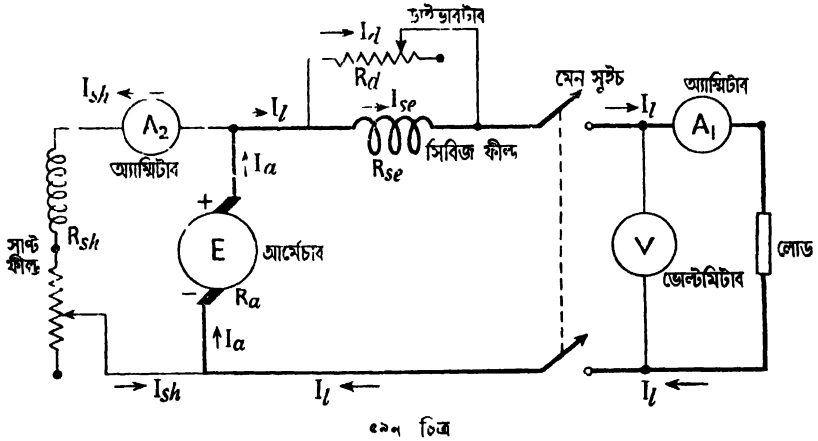
লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যাহাতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপও কিছু-না-কিছু বৃদ্ধি পায়, প্রত্যেকটি কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটারেই সাধারণতঃ সেইরূপ বন্দোবস্ত করা থাকে। তবে এই বৃদ্ধির পরিমাণ আবার প্রয়োজন হইলে যাহাতে নিয়ন্ত্রণ করা যায় সেই উদ্দেশ্যে অনেক মেসিনেই সিরিজ ফীল্ডে একটি 'ডাইভারটার' ব্যবহার করা হয়, অর্থাৎ সিরিজ-কয়েলের সহিত কম-বেশী করা যায় এইরূপ একটি রেজিস্ট্যান্স প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত করা থাকে। তখন ডাইভারটারের রোধ বৃদ্ধি করিলে সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন বাড়ে, আবার উহার রোধ কমাইয়া দিলে সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজনও কমিয়া যায়। এইভাবেই জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ প্রয়োজনমত কম বা বেশী করা হইয়া থাকে।

(গ) আণ্ডার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার (Under Compounded Generator)

লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যে-সকল কম্পাউণ্ড জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ ক্রমশঃ কমিতে থাকে, অর্থাৎ পূরা লোডে যে-সকল কম্পাউণ্ড জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ উহাদের লোডশূন্য অবস্থায় উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা কম হয়, তাহাদের 'আণ্ডার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার' বলে। এই প্রকার জেনারেটারে সিরিজ কয়েলের পাকের সংখ্যা উপরি-উক্ত অন্য দুইপ্রকার জেনারেটারের তুলনায় কিছু কম থাকে, ফলে সিরিজ ফীল্ডের সহায়তার পরিমাণও কিছু কম হয়। তাই মেসিন চালু থাকার সময় বিভিন্ন কারণে উহাতে যে-পরিমাণ তড়িৎ-চাপের ঘাটতি দেখা দেয়, সিরিজ ফীল্ডের সহায়তা কখনই তাহার সমস্তটা পূরণ করিতে পারে না। সুতরাং জেনারেটারের লোড বৃদ্ধি পাইলে উহার প্রান্তিক চাপও কমিয়া যায়।

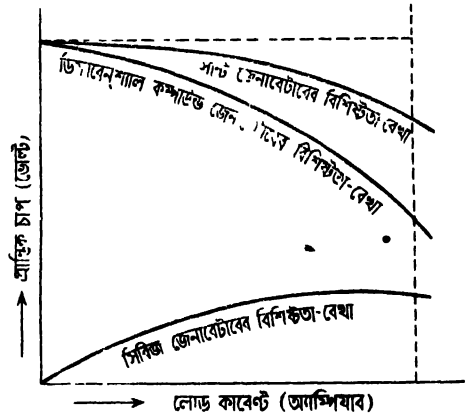
আণ্ডার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটারের বিশিষ্টতা ৫৮নং চিত্রে *ad* রেখাচিত্রটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। যেহেতু এই প্রকার বিশিষ্টতা-রেখা একটি সাণ্ট জেনারেটার হইতেই পাওয়া যায়, তাই এই জেনারেটারের ব্যবহার বিশেষ দেখা যায় না।

বিশিষ্টতা-রেখা নির্ণয় করিবার সময় সাণ্ট জেনারেটারের ন্যায় কম্পাউণ্ড জেনারেটারেও একই প্রকারে অ্যাম্মিটার, ভোল্টমিটার আর লোড সংযুক্ত করিতে হয়। এই সংযোগ নিম্নে ৫৯ন চিত্রে দেখানো হইল :

৫৯ন চিত্র

এখানে অ্যাম্মিটার (A_1) লোড কারেণ্ট আর ভোল্টমিটার (V) মেসিনের প্রান্তিক চাপ নির্দেশ করিবে। সুতরাং লোডের বিভিন্ন অবস্থায় লেখচিত্রের ভুজ বরাবর A_1-এর নির্দেশ আর কোটি বরাবর V-এর নির্দেশ বসাইয়া একটি রেখা টানিলেই বাহিরের বিশিষ্টতা রেখা পাওয়া যাইবে। অ্যাম্মিটার (A_2) সাণ্ট ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ নির্দেশ করিবে। তাই এই মিটারের নির্দেশ প্রত্যেকটি লোডের ক্ষেত্রে A_1-এর নির্দেশের সহিত যোগ করিলে তবে আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-প্রবাহের

পরিমাণ জানা যাইবে। তখন জেনারেটারের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা নির্ণয় করিবার জন্য এই তড়িৎ-প্রবাহ আর আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ লেখচিত্রে যথাক্রমে ভুজ আর কোটি বরাবর বসাইয়া রেখা টানিতে হইবে।

(৩) ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড জেনারেটারের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার (Characteristic and Use of Differential Compound Generators)

যদি কম্পাউণ্ড জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ড উহার সাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দেয়, অর্থাৎ সিরিজ ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্ব উহার সাণ্ট ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে হ্রাস করে, তবে সেই মেসিনকে 'ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড জেনারেটার' বলা হয়। ফীল্ড দুইটির এইরূপ সংযোগ 'বিপরীত যৌগিক' বা 'রিভার্স কম্পাউণ্ডিং' (Reverse Compounding) নামেও পরিচিত। জেনারেটারে কেবলমাত্র সাণ্ট ফীল্ডের সংযোগের জন্য যে বিশিষ্টতা-রেখা পাওয়া যায়, আর কেবলমাত্র সিরিজ ফীল্ডের সংযোগের জন্য যে বিশিষ্টতা-রেখা পাওয়া যায়, তাহাদের আলাদা আলাদা ভাবে লেখচিত্রের উপর আঁকিয়া প্রথমটি হইতে দ্বিতীয়টি বাদ দিলে যে রেখাচিত্রটি পাওয়া যাইবে, তাহাই ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড জেনারেটারের বিশিষ্টতা রেখা হইবে। এই বিশিষ্টতা-রেখা ৬০নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড জেনারেটারের বিশিষ্টতা-রেখা
৬০নং চিত্র

যে সকল কাজে লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মেসিনের প্রান্তিক চাপকে দ্রুত কমাইয়া তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ মোটামুটি অপরিবর্তিত রাখিতে হয়, সেই সকল কাজের পক্ষে এই জেনারেটার বিশেষ উপযোগী। লোড বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে যখন তড়িৎ-প্রবাহ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, তখন সিরিজ ফীল্ডের মধ্য দিয়া সেই বর্ধিত কারেণ্ট প্রবাহিত হয় বলিয়া উহার উত্তেজনও বৃদ্ধি পায়; কিন্তু সাণ্ট ফীল্ডের উত্তেজনে কোন পরিবর্তন দেখা দেয় না। ইহাতে ফীল্ড-সারকিটে মোট চুম্বক বলরেখার সংখ্যা এবং সেই সঙ্গে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কমিয়া যায়। ফলে কারেণ্টও আর না বাড়িয়া মোটামুটি সমান থাকে। জেনারেটারের এই বিশিষ্টতার জন্যই বৈদ্যুতিক ওয়েল্ডিং (electric welding) প্রভৃতি কাজে ইহার ব্যবহার প্রচলিত আছে। তবে লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মেসিনে তড়িৎ-চাপের দ্রুত অবনতি ঘটে বলিয়া আলো, পাখা, প্রভৃতিতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার পক্ষে এই শ্রেণীর জেনারেটার আদৌ উপযোগী নহে।

(৪) কম্পাউণ্ড জেনারেটারে ফীল্ড-কয়েল দুইটির বিভিন্ন প্রকার সংযোগ (Different types of Connections of the two Field Coils of a Compound Generator)

একটি কম্পাউণ্ড জেনারেটারের সাণ্ট ফীল্ড এবং সিরিজ ফীল্ড উহার আর্মেচারের সহিত দুই প্রকারে সংযুক্ত থাকিতে পারে। এই সংযোগের একটি 'সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড' আর অন্যটি 'লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড' নামে পরিচিত। মেসিন কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটারই হউক, কিংবা ডিফারেনশ্যাল কম্পাউণ্ড জেনারেটারই হউক, ফীল্ড-কয়েলের উভয় প্রকার সংযোগই উভয় মেসিনের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা চলে। তবে সংযোগের এই পার্থক্যের জন্য মেসিনের বিশিষ্টতা-রেখাতে অতি সামান্য পরিবর্তনই দেখিতে পাওয়া যায়।

(ক) সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার (Short-Shunt Compound Generator)

(ক)

কোন কম্পাউণ্ড জেনারেটারের সাণ্ট ফীল্ড যদি সরাসরি উহার আর্মেচারের দুই প্রান্তের মধ্যে সংযুক্ত থাকে, আর সিরিজ ফীল্ড এই সংযোগের বাহিরে অবস্থান করে, তবে সেই মেসিনকে 'সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার' বলা হয়। এই প্রকার সংযোগ ৬১নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ইহাতে যে-সকল চিহ্ন ব্যবহার করা হইয়াছে তাহা সাণ্ট জেনারেটার ও সিরিজ জেনারেটারের অনুরূপ।

(খ)

সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার

৬১নং চিত্র

উদাহরণ ৩.১৫। একটি সর্ট-সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার ২৩০ ভোল্টে ১৫০ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। যদি সান্ট ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ ২.৫ অ্যাম্পিয়ার, আর্মেচারের রোধ ০.০৩২ ওম, সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.০১৫ ওম এবং ডাইভার্টারের রোধ ০.০৩ ওম হয় তবে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ও জেনারেটারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি কত হইবে ?

এখানে $V = ২৩০$ ভোল্ট,

$I_l = ১৫০$ অ্যাম্পিয়ার,

$I_{sh} = ২.৫$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_a = ০.০৩২$ ওম

$R_{se} = ০.০১৫$ ওম এবং

$R_d = ০.০৩$ ওম।

অতএব $R = \frac{R_{se} \times R_d}{R_{se} + R_d} = \frac{.০১৫ \times .০৩}{.০১৫ + .০৩}$

$= \frac{৪৫}{৪৫} \times ...$

$= .০১$ ওম।

$I_a = I_l + I_{sh} = ১৫০ + ২.৫$

$= ১৫২.৫$ অ্যাম্পিয়ার।

এই উদাহরণে ব্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ-চাপের হ্রাসের বিষয়ে কোন উল্লেখ নাই, অতএব তাহা উপেক্ষা করিতে হইবে।

সুতরাং $E = V + I_l R + I_a R_a$

$= ২৩০ + ১৫০ \times .০১ + ১৫২.৫ \times .০৩২$

$= ২৩০ + ১.৫ + ৪.৮৮$

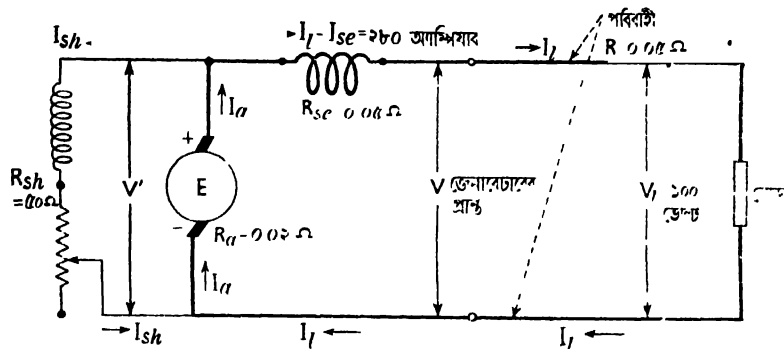
$= ২৩৬.৩৮$ ভোল্ট।

জেনারেটারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি $= \frac{EI_a}{১০০০}$

$= \frac{২৩৬.৩৮ \times ১৫২.৫}{১০০০}$

$=$ <u>৩৬.০৫ কিলোওয়াট</u>।

উদাহরণ ৩-১৬। একটি সর্ট-সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার ২০০ ভোল্টে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। যদি এই মেসিনের আর্মেচারের রোধ ০.২ ওম, সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.০৪ ওম এবং সান্ট ফীল্ডের রোধ ৫১ ওম হয়, তবে উহার আর্মেচার-কারেন্ট ও আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

৬৯ নং চিত্র

এখানে (লোড-সার্কিটের তড়িৎ চাপ) V_l = ১০০ ভোল্ট,

(পরিবাহীদ্বয়ের সমবেত রোধ) R = ০·০৫ ওম,

R_a = ০·০২ ওম,

R_{se} = ০·০৫ ওম, আর

R_{sh} = ৫০ ওম।

(ক) ২০০টি বাতির জন্য বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়

২০০ × ৬০ = ১২০০০ ওয়াট,

এবং পুরা লোডে ৪০ অ্যাম্পিয়ার করিয়া কারেন্ট লয় এইরূপ ৪টি মোটরের জন্য বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়

১০০ × ৪০ × ৪ = ১৬০০০ ওয়াট।

সুতরাং বর্তনীতে সংযুক্ত সমবেত লোড

= ১২০০০ + ১৬০০০ = ২৮০০০ ওয়াট।

অতএব $V_l \times I_l$ = ২৮০০০ ওয়াট,

$\therefore \quad I_l = \frac{২৮০০০}{V_l} = \frac{২৮০০০}{১০০}$

= ২৮০ অ্যাম্পিয়ার।

(খ) $V = V_l + I_l \times R$

= ১০০ + ২৮০ × ০·০৫

= ১১৪ ভোল্ট।

(গ) $V' = V + I_l R_{se}$

= ১১৪ + ২৮০ × ০·০৫

= ১২৮ ভোল্ট।

$\therefore \quad I_{sh} = \frac{V'}{R_{sh}} = \frac{১২৮}{৫০}$

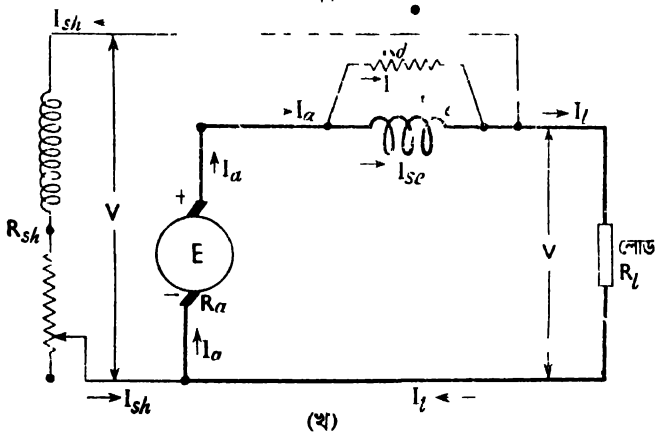
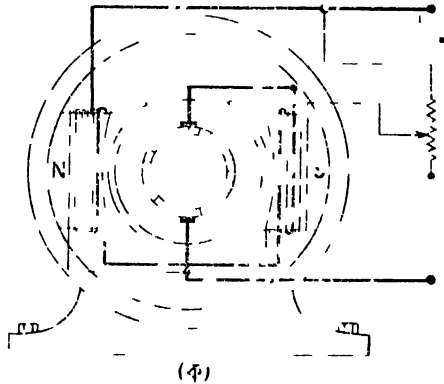
= ২·৫৬ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $I_a = I_l + I_{sh} =$ ২৮০ + ২.৫৬
$=$ ২৮২.৫৬ অ্যাম্পিয়ার।
অতএব $E = V + I_l R_{se} + I_a R_a$
$=$ ১১৪ + ২৮ × ০.০৫ + ২৮২.৫৬ × ০.০১
$=$ ১৩৩.৫৬ ভোল্ট।

(খ) লং-সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার (Long-Shunt Compound Generator)

কোন কম্পাউণ্ড জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ড যখন সরাসরি আর্মেচারের সহিত সিরিজে যুক্ত থাকে এবং উহার সান্ট ফীল্ডকে এই সংযোগের বাহিরে মেসিনের দুই প্রান্তের মধ্যে সংযুক্ত করা হয়, তখন সেই মেসিনকে 'লং-সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার' বলে। এইরূপ একটি জেনারেটারের সংযোগ নিম্নে ৬৩নং চিত্রে দেখানো হইল। ইহাতে যে সকল চিহ্ন ব্যবহার করা হইয়াছে, তাহা সর্ট সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটারের অনুরূপ।

লং-সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার
৬৩নং চিত্র

এখানে

(/০) $R_s = \dfrac{R_d \times R_{se}}{R_d + R_{se}}$ ওম,

[ডাইভারটার না থাকিলে $R_s = R_{se}$ হইবে]

(৵০) $I_a = I_d + I_{se} = I_l + I_{sh}$ অ্যাম্পিয়ার.

[ডাইভারটার না থাকিলে $I_{se} = I_a$ হইবে]

(৶০) আর্মেচারের প্রতিটি প্যারাালেল-রাস্তায়

তড়িৎ-প্রবাহ $= \dfrac{I_a}{A}$ অ্যাম্পিয়ার,

(।০) $I_{sh} = \dfrac{V}{R_{sh}}$ অ্যাম্পিয়ার,

(।/০) $I_l = \dfrac{V}{R_l}$ অ্যাম্পিয়ার,

(।৵০) আর্মেচারে তড়িৎ চাপের ঘাটতি $= I_a R_a$ ভোল্ট,

(।৶০) সিরিজ ফীল্ডে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি $= I_a R_s$ ভোল্ট,

(॥০) $E = V + I_a(R_a + R_s) +$ (ব্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি) ভোল্ট

$= \phi Z \dfrac{N}{৬০} \dfrac{P}{A}$ ভোল্ট,

(॥/০) জেনারেটারের আউটপুট বা

লোড সারকিটের মোট তড়িৎ-শক্তি $= VI_l$ ওয়াট অথবা $\dfrac{VI_l}{১০০০}$ কিলোওয়াট,

(॥৵০) জেনারেটারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি $= EI_a$ ওয়াট

অথবা $\dfrac{EI_a}{১০০০}$ কিলোওয়াট,

(॥৶০) জেনারেটারের ইনপুট বা

প্রাইম মুভারের আউটপুট $= \dfrac{\text{জেনারেটারের আউটপুট}}{\text{জেনারেটারের কর্মক্ষমতা}}$,

$= \dfrac{VI_l \times ১০০}{\text{জেনারেটারের \% কর্মক্ষমতা}}$ ওয়াট,

$= \dfrac{VI_l \times ১০০}{\text{জেনারেটারের \% কর্মক্ষমতা} \times ৭৪৬}$ অশ্বশক্তি।

উদাহরণ ৩-১৮। একটি লং-সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার বাহিরের বর্তনীতে ৫০০ ভোল্টে ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। মেসিনের আর্মেচার, সান্ট ফীল্ড এবং সিরিজ ফীল্ডের রোধ যথাক্রমে ০·০৫ ওম, ২৫০ ওম এবং ০·০৩ ওম। যদি প্রতি ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি ১০ ভোল্ট করিয়া ধরা হয়, তবে এই জেনারেটারের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে ?

এখানে $V = ৫০০$ ভোল্ট,

$I_l = ৫০$ অ্যাম্পিয়ার,

R_a = ০·০৫ ওম,

R_h = ২৫·০ ওম,

R_c = ০·০৩ ওম, আর

ব্রাশে মোট তড়িৎ-চাপের ঘাটতি = ১·০ × ২ = ২·০ ভোল্ট।

(ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি সম্বন্ধে উদাহরণ ৩-৬ দেখ)

এখন, $I_h = \frac{V}{R_h}$ = $\frac{৫০০}{২৫}$

= ২০ অ্যাম্পিয়ার।

$I_a = I_l + I_h$ = ৫০০ + ২০

= ৫২০ অ্যাম্পিয়ার।

সুতরাং $E = V + I_a (R_a + R_c)$ + ব্রাশে মোট তড়িৎ-চাপের ঘাটতি

= ৫০০ + ৫২০ (·০০৫ + ০·০০৩) + ২·০

= ৫০৬·১৬ ভোল্ট।

উদাহরণ ৩-১৯। একটি কম্পাউণ্ড জেনারেটার ১১০ ভোল্টে বাহিরের বর্তনীতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। বর্তনীতে ৫৫ ওয়াটের ২০০টি বাতি সংযুক্ত আছে। মেসিনের আর্মেচার, সিরিজ ফীল্ড ও সান্ট ফীল্ডের রোধ যথাক্রমে ০·০৬ ওম ০·০৪ ওম এবং ২৫ ওম। যদি এই জেনারেটার (ক) লং সান্টে, (খ) সর্ট সান্টে সংযুক্ত থাকে, তবে উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে? ব্রাশে মোট তড়িৎ চাপের ঘাটতি ৩·০ ভোল্ট ধরিয়া লও।

এখানে V = ১১০ ভোল্ট,

R_a = ০·০৬ ওম,

R_c = ০·০৪ ওম,

R_h = ২৫·০ ওম,

লোড সার্কিটে মোট বৈদ্যুতিক শক্তি প্রয়োজন = ৫৫ × ২০০

= ১১০০০ ওয়াট এবং

ব্রাশে মোট তড়িৎ চাপের ঘাটতি = ৩·০ ভোল্ট।

(ক) জেনারেটার যখন লং-সান্টে সংযুক্ত থাকে, তখন

VI_l = ১১০০০ ওয়াট,

$I_l = \frac{১১০০০}{১১০}$ = ১০০ অ্যাম্পিয়ার।

$I_h = \frac{V}{R_h} = \frac{১১০}{২৫}$ = ৪·৪ অ্যাম্পিয়ার।

$I_a = I_l + I_h$ = ১০০ + ৪·৪ = ১০৪·৪ অ্যাম্পিয়ার।

অতএব $E = V + I_a (R_a + R_c)$ + ব্রাশে মোট তড়িৎ-চাপের ঘাটতি

= ১১০ + ১০৪·৪ (০·০৬ + ০·০৪) + ৩·০

= ১১৩·৪৪ ভোল্ট।

৫। সাণ্ট্ জেনারেটার বাতির সারকিটের জন্য উপযুক্ত নয় কেন? একটি অফিস বাড়ীতে ও একটি পাওয়ার হাউসে তুমি কি ধরনের জেনারেটার বসাইতে পছন্দ কর?

৬। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির কারণ দর্শাও:—

(ক) একটি ডি-সি সাণ্ট্ জেনারেটার কি কারণে বিল্ড আপ করিতে অসমর্থ হয়?

(খ) সাণ্ট্ জেনারেটার লোড দিলে ভোল্টেজ ড্রপ করে কেন?

৭। (ক) একটি সাণ্ট জেনারেটার এবং একটি ওভারকম্পাউণ্ডেড জেনারেটারের নো-লোড ভোল্টেজ সমান। উহাদের লোড ক্যারেক্টারিষ্টিক একটি নকশাতে দেখাও।

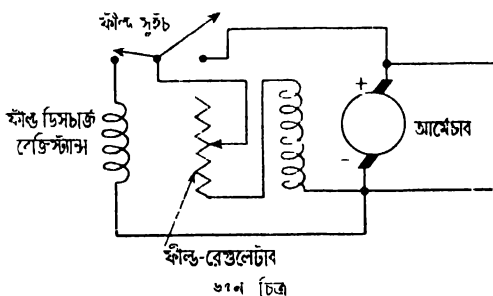
(খ) সাণ্ট জেনারেটারের তুলনায় ওভারকম্পাউণ্ডেড জেনারেটারের সুবিধা কি?

(গ) ওভারকম্পাউণ্ডেড জেনারেটারে কখন কখন ডাইভার্টার ব্যবহার করা হয় কেন? •

৮। একটি "over" compounded ডাইনামোর characteristic ও একটি "level" compounded ডাইনামোর characteristic-এর মধ্যে প্রভেদ কি?

৯। (a) A running generator was shut down for normal maintenance and was started and found not building up any voltage. What may be the probable reasons and describe the remedies?

(b) What happens when the field circuit is opened suddenly? What precautions should be adopted to avoid damage to the field circuit on account of this?

[কোন ডি. সি. মেসিনের ফীল্ড-সারকিট হঠাৎ খুলিয়া গেলে চুম্বক-রেখা দ্রুত পরিবর্তিত হইতে থাকে। ইহাতে চুম্বকীয় আবেশের (self-induction) দরুন ফীল্ড-কয়েলে অত্যধিক তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় এবং কয়েলের অন্তরণ (insulation) ফুটা হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয়। এই কারণে হয় ফীল্ড-কয়েলের অন্তরণ অত্যধিক তড়িৎ-চাপের উপযুক্ত হওয়া চাই, অথবা ফীল্ড-সারকিটের সহিত প্যারালেলে একটি উপযুক্ত রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করা দরকার। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই

৬৭ন চিত্র

দ্বিতীয় প্রথাটি গৃহীত হয়। প্যার্যালেলে-সংযুক্ত এই রেজিস্ট্যান্সকে 'ডিসচার্জ রেজিস্ট্যান্স' (Discharge Resistance) বলে। ফীল্ড-কয়েলের সহিত এই রেজিস্ট্যান্স যেভাবে সংযুক্ত থাকে, তাহা ৯৭নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। মেসিন স্বাভাবিক অবস্থায় চলিবার সময় ডিসচার্জ রেজিস্ট্যান্সের একটি প্রান্ত খোলা থাকে, কিন্তু হঠাৎ ফীল্ড-সারকিট খুলিয়া গেলে উহার দুই প্রান্ত ফীল্ড-সারকিটের দুই প্রান্তের সহিত যুক্ত হইয়া বর্তনী সম্পূর্ণ করে। তখন সেই বর্তনীর মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার সময় তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে বলিয়া ফীল্ড-কয়েলে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কমিয়া যায়।]

১০। (ক) লোড দিলে কেন সাণ্ট জেনারেটারের ভোল্টেজ কমিয়া যায় তাহার কারণ দেখাও। জেনারেটারে লোড দিলে কেন উহা 'বিল্ড' করিতে অক্ষম হয়?

(খ) ক্রিটিক্যাল ফীল্ড রেজিস্ট্যান্সের সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

১১। ডি. সি. জেনারেটার কত প্রকারের দেখিতে পাওয়া যায়? চিত্র অঙ্কন করিয়া প্রত্যেক প্রকার জেনারেটারের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

১২। ডি. সি. জেনারেটারের সংপৃক্তি রেখা বা চুম্বকীয় বিশিষ্টতা-রেখা কিভাবে নির্ণয় করা হয়? চালু করিবার পরে একটি জেনারেটার উহার সংপৃক্তি রেখার কতদূর পর্যন্ত 'বিল্ড আপ' করিতে পারে?

১৩। ডি. সি. জেনারেটারে বিভিন্ন প্রকারের কি কি বিশিষ্টতা পাওয়া যায়? প্রত্যেকটি বিশিষ্টতা-রেখা কোন্ কোন্ বিষয়ের মধ্যে সম্বন্ধ নির্দেশ করে?

১৪। চালু করিবার পরে একটি সাণ্ট জেনারেটারের আর্মেচারে যেভাবে ধাপে ধাপে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহা নক্সা অঙ্কন করিয়া বুঝাও। কি কি কারণে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হওয়া ব্যর্থ হয় এবং কিভাবে তাহা সংশোধন করা যায় বল।

১৫। সাণ্ট জেনারেটারের 'ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স' ও 'ক্রিটিক্যাল স্পীড' বলিতে কি বুঝায়, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া সংক্ষেপে লিখ।

১৬। পুরা লোডসহ চলিবার সময় একটি সাণ্ট জেনারেটার ৬০০ ভোল্টে ১৫০ কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করে। যদি এই জেনারেটারের আর্মেচারের রোধ ০·০৮ ওম এবং সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ৮০ ওম হয়, তবে উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে? (উঃ ৬২০.৬ ভোল্ট)

১৭। এক জোড়া পরিবাহীর সাহায্যে একটি সাণ্ট জেনারেটার বাহিরের বর্তনীতে ২০০ ভোল্টে ৭৫ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট সরবরাহ করে। যদি পরিবাহীদ্বয়ের সমবেত রোধ ০·০৮ ওম, সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ৮০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০.০৪ ওম হয়, তবে জেনারেটারের টার্মিন্যাল ভোল্টেজ এবং আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে? তড়িৎ-চাপের ঘাটতি প্রতি ব্রাশে ১·৫ ভোল্ট হিসাবে ধরিয়া লও।

(উঃ ২০৬ ভোল্ট এবং ২১২·১ ভোল্ট)

১৮। একটি সাণ্ট জেনারেটারের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা হইতে উহার ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা কিভাবে নির্ণয় করা যায়, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

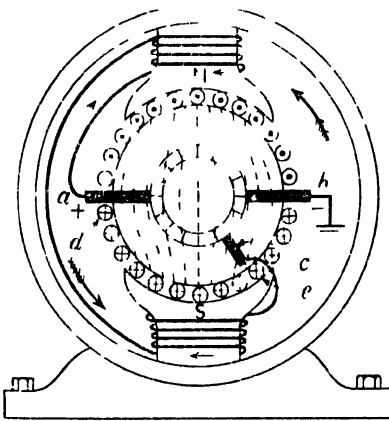
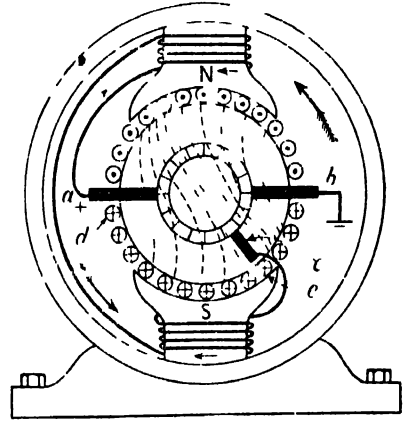
কয়েকটি বিশেষ ধরনের ডি. সি. জেনারেটার ও তাহাদের ব্যবহার ; জেনারেটারের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ

(Some Special Types of D. C. Generators and Their Uses ; Voltage Regulation of D. C. Generators)

বিশেষ ধরনের জেনারেটার

পূর্ব পরিচ্ছেদে যে-সকল জেনারেটার সম্বন্ধে আলোচনা করা হইয়াছে, তাহা ছাড়াও কয়েকটি বিশেষ ধরনের জেনারেটার বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে ব্যবহার করিতে দেখা যায়। এইরূপ কয়েক প্রকার জেনারেটার সম্বন্ধে নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।

৪-১। সহায়ক-ব্রাশ যুক্ত বা তৃতীয়-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটার (Auxiliary-Brush or Third-Brush Generator)

বিশেষ এক ধরনের ছোট ছোট জেনারেটার যখন ক্রমাগত পরিবর্তিত গতিবেগে চলিতে থাকে, তখন আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার সাহায্য লইয়া ঐ সকল জেনারেটারের তড়িৎ-প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। মোটর গাড়িতে ব্যাটারি চার্জ করিবার জন্য সাধারণতঃ এই ধরনের জেনারেটারই ব্যবহার করা হয়। যদি এই কাজে একটি সাধারণ সান্ট অথবা কম্পাউণ্ড জেনারেটার ব্যবহার করা যায়, তবে জেনারেটার হইতে ব্যাটারিতে যে তড়িৎ প্রবাহিত হইবে তাহার পরিমাণ গাড়ির গতিবেগের পরিবর্তনের

সহায়ক-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটার

৬৬নং চিত্র

সঙ্গে সঙ্গে পরিবর্তিত হইতে থাকিবে। গাড়ি যখন ধীর গতিতে চলিবে, তখন আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কম হওয়ার জন্য জেনারেটার অতি অল্প পরিমাণ কারেণ্ট সরবরাহ করিবে, আর গাড়ি যখন জোরে চলিবে, তখন আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে জেনারেটার প্রচুর পরিমাণ কারেণ্ট সরবরাহ করিতে থাকিবে।

মোটর গাড়িতে ব্যবহৃত জেনারেটার হইতে যে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া যায়, তাহা নিয়ন্ত্রণ করিবার একটি প্রচলিত ব্যবস্থা হইতেছে তৃতীয়-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটার ব্যবহার করা। এই জেনারেটারের সাণ্ট ফীল্ড পজিটিভ আর নেগেটিভ ব্রাশ দুইটির মধ্যে যুক্ত না থাকিয়া যে-কোন একটি প্রধান ব্রাশ আর অপেক্ষাকৃত ছোট একটি তৃতীয় ব্রাশের মধ্যে সংযুক্ত থাকে। তৃতীয় ব্রাশটি পজিটিভ আর নেগেটিভ—এই দুই প্রধান ব্রাশের মধ্যস্থলে সুবিধামত কোন এক জায়গায় বসানো হয়। ইহা ৬৬নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই চিত্রে a-দ্বারা প্রধান পজিটিভ ব্রাশ, b দ্বারা প্রধান নেগেটিভ ব্রাশ, আর c দ্বারা সহায়ক তৃতীয় ব্রাশ চিহ্নিত আছে। নেগেটিভ ব্রাশটি আবার সচরাচর গাড়ির ফ্রেমের সহিত যুক্ত হইয়া ভূমিসংলগ্ন (earthed) থাকে।

জেনারেটার যেদিকে ঘোরে তাহার বিপরীত দিকে প্রায় ৬০ ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করিয়া সহায়ক ব্রাশটি অবস্থিত আছে, চিত্রে এইরূপ দেখানো হইয়াছে, আর সাণ্ট ফীল্ডের সংযোগ দেখানো হইয়াছে পজিটিভ ব্রাশ আর সহায়ক ব্রাশের মধ্যে। জেনারেটার যখন অল্প পরিমাণ কারেণ্ট সরবরাহ করে, তখন আর্মেচারের মধ্য দিয়া চুম্বক রেখাপ্রবাহ যেভাবে অগ্রসর হয়, তাহা ৬৬(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই সময় আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া অত্যন্ত নগণ্য থাকে, আর মেসিন যেদিকে ঘোরে সেইদিকে পজিটিভ আর সহায়ক ব্রাশ দুইটির মধ্যে অবস্থিত d হইতে e পর্যন্ত সজ্জিত সংযুক্ত পরিবাহীসমূহ চুম্বক বলরেখা কর্তন করে বলিয়া ঐ সকল পরিবাহীতে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহা সাণ্ট ফাল্ডের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী ভোল্টেজের প্রায় সমান থাকে।

কিন্তু গাড়ির গতিবেগ যখন বৃদ্ধি পায়, আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপও তখন বেশী হয়, ফলে জেনারেটারও অধিক পরিমাণে কারেণ্ট সরবরাহ করিতে আরম্ভ করে। ইহাতে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া প্রবল হইয়া ওঠে, এবং এই প্রতিক্রিয়ার চুম্বক-রেখা বিকৃতিকারী অংশ তখন ফাল্ডের চুম্বক রেখাপ্রবাহকে আর্মেচার যেদিকে ঘোরে সেই দিকে ঠেলিয়া দেয়, অর্থাৎ আর্মেচারের যে অংশে d হইতে e পর্যন্ত পরিবাহীসমূহ অবস্থিত রহিয়াছে, সেখান হইতে চুম্বক রেখাসমূহ সরিয়া নেগেটিভ আর সহায়ক ব্রাশ দুইটির মধ্যস্থলের দিকে যায়। ইহা ৬৬(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। চুম্বক-রেখা সরিয়া যাওয়াতে তখন d হইতে e পর্যন্ত পরিবাহীসমূহে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ আর সেই সঙ্গে সাণ্ট ফীল্ডের কার্যকরী ভোল্টেজ অনেকাংশে কমিয়া যায়, তাই জেনারেটারের পক্ষে আর অধিক পরিমাণে কারেণ্ট সরবরাহ করা সম্ভব হয় না। এইভাবে গাড়ির গতিবেগ বৃদ্ধি পাইলে তড়িৎ-চাপ যতটা বাড়ে, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া বৃদ্ধি পাইয়া আবার তড়িৎ-চাপকে ঠিক ততটা না হইলেও অনেকটাই কমাইয়া আনে

ফলে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ যদি কিছুটা বাড়েও, তবে সেই বৃদ্ধির পরিমাণ হয় অতিশয় নগণ্য। ৬৩(খ)নং চিত্রটি ভালভাবে লক্ষ্য করিলেই বুঝিতে পারিবে যে, আর্মেচার যেদিকে ঘোরে সহায়ক ব্রাশটিকে যতই সেইদিকে সরাইয়া দেওয়া যাইবে, তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে, আর সহায়ক ব্রাশটিকে যদি তাহার বিপরীত দিকে সরানো যায়, তবে তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণও কমিতে আরম্ভ করিবে।

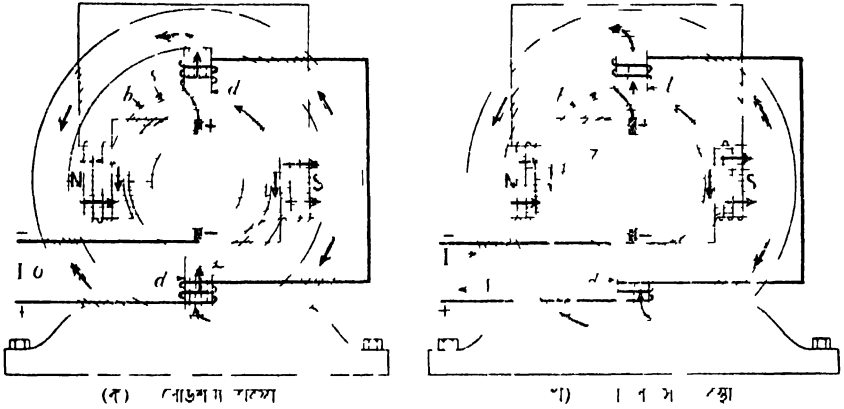
সঞ্চিত ব্যাটারি চার্জ করিবার জন্য যখন এই ধরনের জেনারেটার ব্যবহার করা হয়, তখন জেনারেটারের সহিত ব্যাটারিকে সরাসরি যুক্ত না করিয়া সাধারণতঃ একটি 'কাট-আউট রিলে' (cutout relay)-র মাধ্যমে উভয়ের মধ্যে সংযোগ স্থাপন করা হয়। জেনারেটারের তড়িৎ চাপ বৃদ্ধি পাইয়া যখন ব্যাটারির ভোল্টেজ অপেক্ষা সামান্য কিছু বেশী হয়, তখন এই রিলে ব্যাটারীকে জেনারেটারের সহিত যুক্ত করিয়া দেয়, আবার জেনারেটারের তড়িৎ চাপ যখন ক্রমশঃ কমিতে আরম্ভ করে, এখন সেই চাপ ব্যাটারির ভোল্টেজ অপেক্ষা কম হইলে রিলেটি যাহাতে উচ্চচাপের ব্যাটারি হইতে জেনারেটারে প্রবাহিত হইতে না পারে, সেইজন্য রিলে উভয়ের মধ্যকার সংযোগ লাইনটি খুলিয়া দেয়।

৪-২। ডাইভারটার পোল জেনারেটার (Diverter-Pole Generator)

ডাইভারটার পোল জেনারেটার প্রকৃতপক্ষে একটি বিশেষ ধরনের কম্পাউণ্ড জেনারেটার। ইহার প্রধান পোলের দ্বারা উৎপন্ন চুম্বক রেখাপ্রবাহের কিছু অংশকে একটি আলাদা পথ দিয়া ক্ষরণ রেখারূপে (leakage flux) ইয়োকে পাঠাইয়া আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ চাপকে নিয়ন্ত্রণ করা হয়। এই মেসিনের যে বিশেষত্ব পাওয়া যায়, তাহা স্টোরেজ ব্যাটারি চার্জ করিবার পক্ষে একটি সাধারণ কম্পাউণ্ড জেনারেটারের বিশেষত্ব অপেক্ষা অনেক বেশী উপযোগী। জেনারেটারের লোডশূন্য অবস্থা ৬৭(ক)নং চিত্রে আর পুরা লোডযুক্ত চলার অবস্থা ৬৭(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। চিত্র দুইটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, দুই প্রধান পোলের ঠিক মধ্যস্থলে d দ্বারা চিহ্নিত অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র আকারের দুইটি ডাইভারটার পোল অবস্থিত আছে, আর প্রত্যেকটি ডাইভারটার পোল b দ্বারা চিহ্নিত একটি চুম্বকীয় সেতুর (magnetic bridge) সাহায্যে এক একটি প্রধান পোলের সহিত যুক্ত। এই সেতুর মধ্য দিয়াই চুম্বক রেখাপ্রবাহের কিছু অংশ ক্ষরণ রেখারূপে ইয়োকে ফিরিয়া যায়, এবং ইহা আর্মেচারের "চুম্বকীয় শান্ট" (magnetic shunt) হিসাবে কাজ করে। প্রত্যেকটি সেতুর মধ্যে লম্বালম্বিভাবে বিস্তৃত একটি করিয়া খাঁজ কাটা থাকে (চিত্রে খাঁজ s-দ্বারা চিহ্নিত) যাহাতে খাজের নিকট সেতুর প্রস্থচ্ছেদ কমিয়া যায় এবং তাহা অন্যান্য অংশ অপেক্ষা তাড়াতাড়ি সংপৃক্ত হইয়া ওঠে। ডাইভারটার পোলের গায়ে জড়ানো চুম্বকীয় কয়েল আর্মেচারের সহিত সিরিজে এমনভাবে সংযুক্ত থাকে যাহাতে এই পোলের মেরুত্ব উহার সহিত যুক্ত প্রধান পোলের মেরুত্বের অনুরূপ হয়।

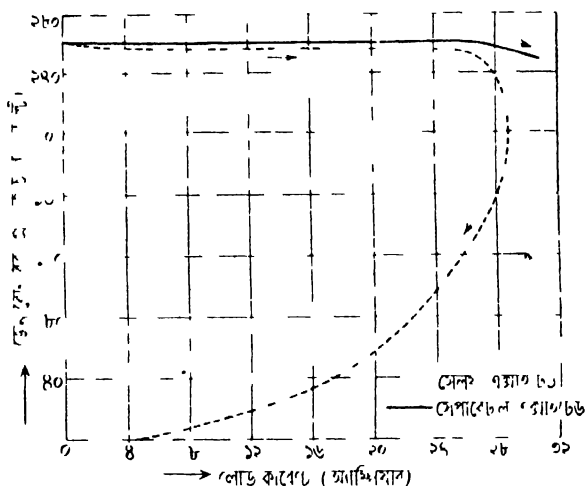
মেসিন যখন লোডশূন্য অবস্থায় থাকে, তখন ডাইভাবটাব পোলে কোন উত্তেজন থাকে না। এই সময় প্রধান পোল যে চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে তাহাব বেশ কিছুটা

(ক) লোডশূন্য অবস্থা (খ) পূর্ণ লোড অবস্থা

ডাইভারটার পোল জেনারেটার
৬৭নং চিত্র

অংশ চুম্বক। সেতুর মধ্য দিয়া ইয়োকের দিকে চলিয়া যায়। কতটা অংশ এইভাবে চলিয়া যাইবে তাহা নির্ভর করে সেতুর যে অংশে খাঁজ কাটা আছে সেই অংশের সম্পৃক্ততার উপর। সেতুর মধ্যে খাঁজ থাকাতে প্রধান পোলের সম্মুখ ভাগের চুম্বকীয় বিভব (magnetic potential) আর্মেচারের তুলনায় অনেক বেশী হয়, ফলে সেতু হইতেও বহুসংখ্যক বলরেখা আর্মেচারে প্রবেশ করে।

জেনারেটার যখন পূর্ণ লোডে চলে তখন চুম্বক রেখাপ্রবাহের অবস্থান কিরূপ হয় তাহা ৬৭(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই সময় ডাইভারটার পোল উত্তেজন পায়। তাই লোডশূন্য অবস্থায় রেখাপ্রবাহের যে অংশ এই পোলের মধ্য দিয়া ইয়োকের দিকে যায় পূর্ণ লোডে ডাইভারটার পোল উত্তেজিত হওয়ায় সেই ক্ষরণ রেখাপ্রবাহকেই ঠেলিয়া নীচের দিকে চুম্বকীয় সেতুর মধ্য দিয়া আর্মেচারে পাঠাইয়া দেয়, অর্থাৎ ডাইভারটার পোলের এ্যাম্পিয়ার টার্ণ (series ampere-turns of the diverter poles) এমনভাবে কাজ করে যাহাতে সেতুর চুম্বকীয় বিভব আর্মেচারের চুম্বকীয় বিভব অপেক্ষা অনেক বেশী শক্তিশালী হইয়া পড়ে, ফলে লোডশূন্য অবস্থায় আর্মেচারে যে পরিমাণ বলরেখা প্রবেশ করে, পূর্ণ লোডে প্রবেশ করে তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী। সেইজন্য লোড বৃদ্ধি পাইলে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ চাপের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, আর তাহা জেনারেটারের প্রান্তিক চাপকে প্রায় অপরিবর্তিত রাখে।

ডাইভাবটাব-পোল জেনাবেটাব সেলফ্-এক্সাইটেড্ হইতে পাবে, আবাব সেপ্যাবেটলি এক্সাইটেড্ও হইতে পাবে। এই মেসিনেব বাহিবেব বিশিষ্টতা-বেখা ৬৮নং চিত্রে

দেখানো হইয়াছে। ইহা প্রধানতঃ স্টোরেজ ব্যাটারি চার্জ করিবার জন্য ব্যবহার করা হয়। লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যখন শান্ট জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ কমিতে আরম্ভ করে, আর ফ্ল্যাট-কম্পাউণ্ড জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ যখন প্রথম দিকে অল্প পরিমাণে বৃদ্ধি পাইয়া পরে আবার তাহা কমিয়া নির্ধারিত মানে আসিয়া পৌঁছায়, তখন ডাইভার্টার পোল জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ প্রায় সম্পূর্ণই অপরিবর্তিত থাকে। তাই ব্যাটারি চার্জ করিবার পক্ষে এই শ্রেণীর জেনারেটারই সর্বাপেক্ষা অধিক

ডাইভার্টার পোল জেনারেটারের বিশিষ্টতা-রেখা
৮৮নং চিত্র

উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয়। প্রধান পোলের তুলনায় ডাইভার্টার পোলের আকৃতি এত ক্ষুদ্র হয় যে, তাহা কখনও এত শক্তিশালী হইয়া চুম্বক রেখাপ্রবাহকে বিপরীতমুখী করিবে, এইরূপ সম্ভাবনা কখনই দেখা দেয় না। তাহা ছাড়া আকৃতি ক্ষুদ্র হওয়ায় ইহা সহজেই সম্পৃক্ত হইয়া উঠে, সেই কারণে এই পোল সরাসরি আর্মেচারে অধিক সংখ্যক চুম্বক-রেখা পাঠাইতে পারে না আর আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ চাপের উপর ইহার প্রভাবও খুব সামান্যই থাকে। বর ঠিক উদাসীন অক্ষে ব্রাশ-অ্যাক্সিসের উপর অবস্থিত থাকে বলিয়া ডাইভারটার পোল যে অল্প সংখ্যক চুম্বক বলরেখা আর্মেচারের দিকে পাঠায়, তাহা মেশিনের কম্যুটেশনের পক্ষে সহায়ক হয়, তাই এই পোল কম্যুটেটিং পোল হিসাবেও কাজ করিতে পারে।

৪-৩। বৈদ্যুতিক ওয়েল্ডিং জেনারেটার (Electric-Welding Generator)

অ্যানোড (anode) আর ক্যাথোডের (cathode) মধ্যে আয়নের (ions) প্রবাহ অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া অনুবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের দ্বারা যত সহজে বৈদ্যুতিক আর্ক

(electric arc) উৎপন্ন করা যায়, আর সেই আর্ককে যত সহজে স্থির অবস্থায় রাখা চলে, পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের দ্বারা তাহা পারা যায় না। তাই নানা ধরনের ওয়েল্ডিংয়ের কাজে ডি সি জেনারেটারের ব্যবহারই অধিকতর উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয়। তবে বৈদ্যুতিক আর্ক উৎপন্ন করিবার সময় যে-সকল বিশেষ ধরনের অবস্থার সম্মুখীন হইতে হয়, এই সকল জেনারেটারের বিশিষ্টতা তাহার উপযুক্ত হওয়া চাই। ওয়েল্ডিং করিবার সময় জেনারেটারের অবস্থা খুব দ্রুত পরিবর্তিত হইতে থাকে। আর্ক উৎপন্ন হওয়ার পূর্বে জেনারেটার থাকে খোলা (open-circuit) অবস্থায়, কিন্তু আর্ক উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে উহা সর্ট-সার্কিটের (short circuit) অবস্থায় চলিয়া আসে। তাহা ছাড়া আর্ক যাহাতে স্থিরভাবে থাকিতে পারে, জেনারেটারের তড়িৎ-চাপ আর তড়িৎ প্রবাহ সেইরূপ হওয়াও প্রয়োজন। কিন্তু যতই সময় অতিবাহিত হইতে থাকে, আর্কের দৈর্ঘ্য আর সেই সঙ্গে তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ ক্রমাগত পরিবর্তিত হয়, ফলে জেনারেটারও ক্রমাগত অস্থায়ী অবস্থায় বিদ্যুৎ সরবরাহ করিয়া চলে।

ওয়েল্ডিংয়ের কাজে যদি একটি সাধারণ সান্ট জেনারেটার ব্যবহার করা হয়, তবে ভোল্টেজের সামান্য পরিবর্তন ঘটাইলে তড়িৎ-প্রবাহ উল্লেখযোগ্যভাবে পরিবর্তিত হইবে। ৬৯নং চিত্রে Oa দ্বারা সান্ট জেনারেটারের যে বিশিষ্টতা রেখা দেখানো হইয়াছে, তাহা লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে। জেনারেটারের বিশিষ্টতা রেখা যখন Ob কি না Oc রেখার অনুরূপ হয় (৬৯নং চিত্র), তখন অবশ্য তাহা ওয়েল্ডিংয়ের কাজের পক্ষে উপযোগী হইয়া ওঠে, কারণ এই প্রকার বিশিষ্টতায় তড়িৎ-চাপের যথেষ্ট পরিবর্তন ঘটিলেও তড়িৎ-প্রবাহের পরিবর্তন ঘটে অতি সামান্যই। কিন্তু এই বিশিষ্টতা পাওয়া যায় কেবলমাত্র মেসিনকে স্থায়ী অবস্থায় পরিচালনা করিলে। অথচ কার্যক্ষেত্রে দেখা যায় যে, বৈদ্যুতিক আর্ক নিজে অস্থায়ী অবস্থায় থাকে বলিয়া জেনারেটারও স্থায়ী অবস্থায় পরিচালিত হইতে পারে না।

৬৯নং চিত্র

ওয়েল্ডিং করিবার সময় যে-সকল কারণে জেনারেটারে অস্থায়ীভাব দেখা দেয়, আর যে সকল উপায় অবলম্বন করিয়া উহাকে স্থায়ী অবস্থায় আনিবার চেষ্টা চলে, তাহা এখন সংক্ষেপে বলা হইতেছে :

ওয়েল্ডিং করিবার সময় যখন বৈদ্যুতিক আর্ক উৎপন্ন হয়, তখন জেনারেটারে পুরা লোড পড়ে, আবার আর্ক অন্তর্হিত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে উহা লোডশূন্য অবস্থায় চলিয়া আসে। লোড এইভাবে পরিবর্তিত হওয়ার জন্য ফীল্ডের চুম্বক রেখাপ্রবাহ পরিবর্তিত হয়, আর সেই পরিবর্তনের ফলে ফীল্ড-সার্কিটে ও লোহার অংশে এমন এক বিরুদ্ধ তড়িৎ চাপ উৎপন্ন করে যাহা লেঞ্জের নিয়ম (Lenz' Law) অনুসারে রেখাপ্রবাহের পরিবর্তনকেই বাধা দিতে থাকে। ফলে লোড পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গেই চুম্বক রেখার পরিবর্তন ঘটে না, এই পরিবর্তন কিছু সময় পরে ঘটে, আর ততক্ষণ জেনারেটারও অস্থায়ী অবস্থায় থাকিয়া যায়।

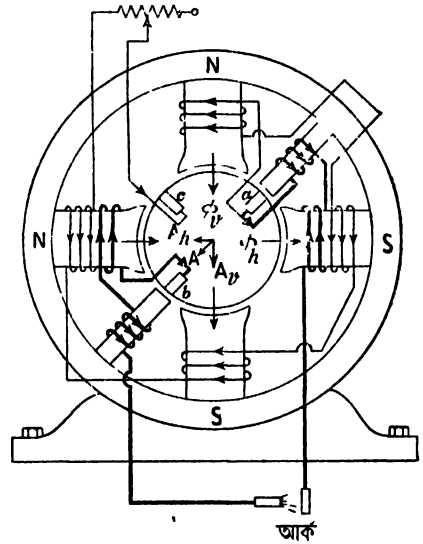
লোড যখন বাড়ে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়াও সেই সঙ্গে বৃদ্ধি পায় এবং তাহা চুম্বক ক্ষেত্রের বলরেখাকে পরিবর্তিত করে। কিন্তু লোড যদি হঠাৎ বৃদ্ধি পায়, তবে ফীল্ড সার্কিটে আর্মেচার প্রতিক্রিয়ার প্রভাব সঙ্গে সঙ্গে দেখা দেয় না, কিছুটা দেরীতে দেখা দেয়। সেই সময় তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন ঘটিলেও তড়িৎ চাপ পূর্বের মানেই থাকিয়া যায়, ফলে জেনারেটারের স্থায়ীভাব ফিরিয়া আসিতে বিলম্ব হয়।

ফীল্ড-সার্কিটের যে যে অংশ লোহা বা ইস্পাতের দ্বারা তৈরী, ওয়েল্ডিং জেনারেটারের সেই সকল অংশ ল্যামিনেট (Laminate) করিয়া অর্থাৎ সেই সকল অংশ ইন্সুলেট করা পাতলা পাতলা ইস্পাতের চাদর দিয়া তৈরী করিয়া, উপরি উক্ত অসুবিধা-গুলি আংশিকভাবে দূর করা যায়। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই একটি আবেশক বা ইনডাকট্যান্স (inductance) বা রিয়্যাকটার (reactor) লাইনের সহিত সিরিজে সংযুক্ত করা থাকে। ইহাতে লোড পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে যখন তড়িৎ প্রবাহ কম-বেশী হইতে আরম্ভ করে, তখন তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশের দ্বারা ইনডাকট্যান্সে এক বিরুদ্ধ তড়িচ্চালক বল উৎপন্ন হয় এবং তাহা তড়িৎ-প্রবাহের এই পরিবর্তনকে বাধা দেয়। ফলে তড়িৎ প্রবাহ আর খুব বেশী পরিবর্তিত হইতে পারে না, এবং জেনারেটারও উহার স্থায়ী অবস্থার কাছাকাছি থাকিয়া যায়।

চুম্বক ক্ষেত্রের বলরেখা পরিবর্তিত হওয়ার সময় ফীল্ড কয়েলে যে অস্থায়ীভাব দেখা দেয়, তাহা দূর করিবার জন্য অনেক সময় লাইনের সহিত সিরিজে সংযুক্ত ইন্‌ডাকট্যান্সের কুণ্ডলিকে প্রাইমারি (primary coil) হিসাবে ব্যবহার করিয়া আলাদা আর একটি কুণ্ডলিকে উহার সেকেণ্ডারি (secondary coil) হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এই সেকেণ্ডারি কয়েলটি চুম্বক-ক্ষেত্রে এমনভাবে সংযুক্ত থাকে যাহাতে বলরেখা পরিবর্তিত হওয়ার জন্য ইহাতে যে অভিমুখে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, ফীল্ড-কয়েলে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় তাহার ঠিক বিপরীত অভিমুখে। ফলে একটির প্রভাব অন্যটির দ্বারা বিনষ্ট হয়, আর জেনারেটারও স্থায়ী অবস্থায় চলিবার পক্ষে যথেষ্ট সহায়তা পায়।

স্থায়ী এবং অস্থায়ী, উভয় অবস্থাতেই যাহাতে প্রয়োজনীয় বিশিষ্টতা পাওয়া যায়, সেই উদ্দেশ্যে নানা ধরনের ওয়েল্ডিং জেনারেটার ব্যবহারিক ক্ষেত্রে চালু আছে। আমেরিকার জেনারেল ইলেকট্রিক কোম্পানি কর্তৃক প্রস্তুত এইরূপ একটি জেনারেটারের বর্ণনা নিম্নে দেওয়া হইল (A Course in Electrical Engineering By C. L. Dawes বইটির সাহায্য লইয়া লিখিত)। এই মেসিন এমনভাবে নির্মাণ করা হয় যে, আর্ককে স্থায়ী করিবার জন্য ইহাতে কোন ইন্‌ডাক্‌ট্যান্স বা রিয়্যাক্‌টার ব্যবহার করিবার প্রয়োজন হয় না। ৭০নং চিত্রে এইরূপ একটি জেনারেটারের বিভিন্ন অংশ ও তাহাদের পরস্পরের মধ্যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

ওয়েল্ডিং জেনারেটার
৭০নং চিত্র

মেসিনে যদিও চারিটি প্রধান পোল আছে, কিন্তু পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি দুইটি পোলের মেরুত্ব একই হওয়াতে ইহাকে একটি দুই-পোল বিশিষ্ট জেনারেটার হিসাবে গণ্য করা যায়। প্রত্যেকটি প্রধান পোল দুই অংশে বিভক্ত—একটি অনুভূমিক (horizontal) অংশ, আর অন্যটি উল্লম্ব (vertical) অংশ। তাহা ছাড়া জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষে (*a* ও *b*-দ্বারা চিহ্নিত) দুইটি ব্রাশ এবং দুইটি কম্যুটেটিং পোলও অবস্থিত আছে। এখন, ওয়েল্ডিং করিবার সময় জেনারেটারের বিভিন্ন অংশে যে ধরনের প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি হয়, তাহা নিম্নে সংক্ষেপে বলা হইতেছে :

চুম্বকীয় মেরু দুই অংশে অবস্থিত থাকাতে উহাদের দ্বারা উৎপন্ন চুম্বক রেখাও ঐ দুই অভিমুখেই অবস্থান করে। এখন মনে কর, চুম্বক রেখাপ্রবাহের উল্লম্ব অংশ ϕ_v-দ্বারা আর অনুভূমিক অংশ ϕ_h-দ্বারা চিহ্নিত করা হইল। আর্মেচারের চুম্বকীয় বিভব (m.m.f.) ব্রাশের অক্ষরেখা বরাবর অবস্থিত থাকে। এই বিভবকে যদি ফীল্ডের রেখাপ্রবাহের ন্যায় দুই অংশে বিভক্ত করা যায় তবে দেখা যাইবে যে, A_h-দ্বারা চিহ্নিত অনুভূমিক অংশ ϕ_h-এর ঠিক বিপরীত দিকে, আর A_v-দ্বারা চিহ্নিত উল্লম্ব অংশ ϕ_v-এর সহিত একই দিকে কাজ করিতেছে। অতএব মেসিন লোডসহ চলিবার সময় আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া ϕ_h-কে কমাইয়া দেয়, আর একই সঙ্গে ϕ_v-কে বৃদ্ধি করে। তবে চুম্বকীয় মেরুর উল্লম্ব অংশ সহজে সংপৃক্ত হয় না বলিয়া ϕ_v-এর সহিত A_v আসিয়া যোগ দেওয়াতে চুম্বক-ক্ষেত্রে খুব সামান্য পরিবর্তনই দেখা দেয়।

প্রধান চারিটি পোলের গায়ে যে চারিটি সাণ্ট কয়েল জড়ানো হয় তাহারা পরস্পরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে, আর তাহাদের খোলা প্রান্তদ্বয়ের একটি a ব্রাশের সহিত এবং অন্যটি দুই প্রধান উত্তর মেরুর মাঝামাঝি অবস্থিত একটি তৃতীয় ব্রাশ c-এর সহিত যুক্ত থাকে। ফলে মেসিনটি একটি তৃতীয়-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটার হিসাবে কাজ করে, এবং উত্তর মেরুর অধীনে অবস্থিত সিরিজে সংযুক্ত পরিবাহীসমূহে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহাই ফীল্ড-কয়েল দিয়া কারেণ্ট পাঠায়। লোডের পরিমাণ যাহাই হউক না কেন, যেহেতু ϕ_{v} সকল অবস্থাতেই প্রায় অপরিবর্তিত থাকে, অতএব ওয়েল্ডিং করিবার সময় সাণ্ট ফীল্ডের এই তড়িৎ-চাপ আর তড়িৎ প্রবাহে বিশেষ কোন পরিবর্তন দেখা দেয় না।

প্রধান অনুভূমিক পোল দুইটি খুব সহজেই সংপৃক্ত হয়। তাই লোড যখন বৃদ্ধি পায়, তখন আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার A_h অংশ বিপরীতমুখী হওয়াতে ϕ_h-কে উল্লেখযোগ্য পরিমাণে কমাইয়া দেয়, এমনকি কখন কখন ইহা ϕ_h অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী হইয়াও ওঠে। এখন, জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ a এবং b ব্রাশ দুইটির মধ্যে অবস্থিত পরিবাহীসমূহের সমবেত তড়িৎ-চাপের সমান বলিয়া ϕ_h ও ϕ_v-এর যোগফলের সমানুপাতি। কিন্তু ϕ_v প্রায় অপরিবর্তিত থাকিলেও লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ϕ_h কমিতে আরম্ভ করে, ফলে জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ যে দুইটি অংশ লইয়া গঠিত তাহার একটি অংশ যদিও সর্বদাই প্রায় উহার নির্ধারিত মান বজায় রাখিয়া চলে, কিন্তু আর একটি অংশ লোড যত বৃদ্ধি পায় ততই কমিতে থাকে। চুম্বক-ক্ষেত্রে আর তড়িৎ-চাপে এইরূপ প্রতিক্রিয়া দেখা দেওয়ার জন্য জেনারেটারের বিশিষ্টতা-রেখা তখন ৬৯নং চিত্রে প্রদর্শিত ob অথবা oc রেখার অনুরূপ হয়।

প্রধান উল্লম্ব পোলের গায়ে যে কুণ্ডলি (coil) জড়ানো থাকে, তাহা পোলের ক্ষরণ রেখাসমূহের সহিত একত্রিত হইয়া ফীল্ড-সারকিটে ইন্‌ডাকৃট্যান্স উৎপন্ন করে। ইন্‌ডাকৃট্যান্স আর্মেচার-সারকিটেও উৎপন্ন হয়। আর্মেচারের চুম্বকত্ব যে ক্ষরণ রেখা-সমূহ উৎপন্ন করে, তাহাদের দ্বারাই ঐ ইন্‌ডাকৃট্যান্স সৃষ্ট হইয়া থাকে। ওয়েল্ডিংয়ের কাজ চলিবার সময় বৈদ্যুতিক আর্ককে স্থায়ী করিবার পক্ষে ফীল্ড ও আর্মেচারের এই দুই ইন্‌ডাকৃট্যান্সই যথেষ্ট বলিয়া বিবেচিত হয়, তাই আলাদাভাবে আর কোন ইন্‌ডাকৃটিভ কয়েল ফীল্ড-সারকিটে লাগাইবার প্রয়োজন দেখা দেয় না।

জেনারেটারের বিশিষ্টতা রেখা ob রেখার ন্যায় হইবে কিংবা oc রেখার ন্যায় হইবে, তাহা অনেকাংশে নির্ভর করে চুম্বকীয় মেরুগুলির সিরিজ কয়েলের ক্ষমতার উপর। প্রত্যেকটি প্রধান পোলের গায়ে সাণ্ট কয়েল ছাড়াও একটি করিয়া সিরিজ কয়েল জড়ানো থাকে। এই সিরিজ ফীল্ড সর্বদাই সাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দেয়, আর সেইজন্য মেসিনটি একটি ডিফারেন্‌শ্যাল কম্পাউণ্ড জেনারেটার হিসাবে কাজ করে। সাণ্ট ফীল্ডের চুম্বকীয় বিভব অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া লোড বৃদ্ধি পাইলে সিরিজ ফীল্ডের চুম্বকীয় বিভব যতটা বৃদ্ধি পায়, মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজও ঠিক ততটাই

কমিয়া যায়। মেসিনের কম্যুটেটিং পোলগুলিও এই সিরিজ কয়েলের সাহায্যেই তাহাদের উত্তেজন পাইয়া থাকে।

ডি. সি. জেনারেটারের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ
(Voltage Regulation of D. C. Generators)

৪-৪। ডি. সি. জেনারেটারের ভোল্টেজ রেগুলেশন

ডি. সি. জেনারেটারের প্রকৃতিগত বিশেষত্ব এই যে, মেসিনে যত লোড পড়ে, উহার প্রান্তিক চাপ (terminal voltage) ততই কম হইতে থাকে। লোডশূন্য অবস্থায় জেনারেটারের দুই প্রান্তের মধ্যে যে পরিমাণ তড়িৎ-চাপ পাওয়া যায়, লোড দেওয়ার পরে আর্মেচারের রোধ, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া প্রভৃতির জন্য সেই তড়িৎ-চাপ অনেকখানি কমিয়া যায়। কোন জেনারেটারের লোডশূন্য অবস্থার প্রান্তিক চাপ উহার পূরা লোডযুক্ত অবস্থার প্রান্তিক চাপের অনুপাতে যত ভাগ বেশী হয়, তাহাকে সেই জেনারেটারের "ভোল্টেজ রেগুলেশন" বলা হইয়া থাকে। অবশ্য লোডশূন্য অবস্থা হইতে পূরা লোড দেওয়া পর্যন্ত জেনারেটারেব গতিবেগ আর ফীল্ড-সারকিটের তড়িৎ-প্রবাহ অপরিবর্তিত থাকা চাই।

মনে কর, পূরা লোডসহ চলিবার সময় কোন জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ V- ভোল্ট থাকে, আর সেই লোড অপসারণ করিলে প্রান্তিক চাপ বৃদ্ধি পাইয়া V_0-ভোল্টে দাঁড়ায়। এই অবস্থায় জেনারেটারের

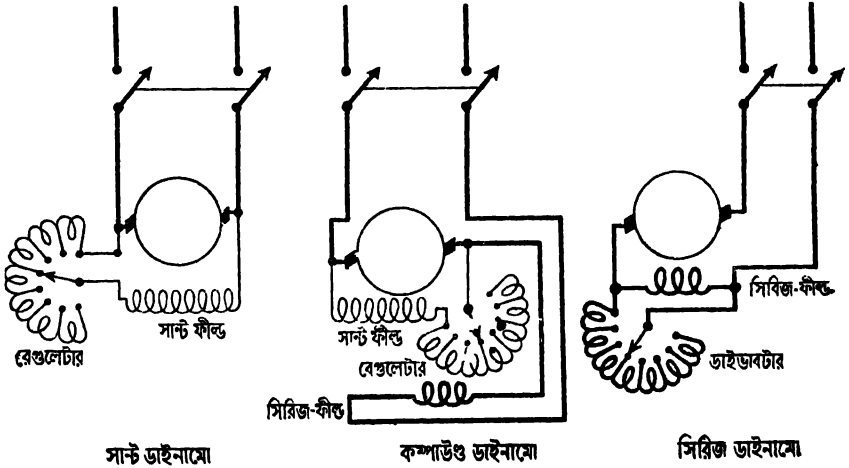
$$\text{ভোল্টেজ রেগুলেশন} = \frac{V_0 - V}{V} \text{ হইবে,}$$

$$\text{এবং \% ভোল্টেজ রেগুলেশন} = \frac{V_0 - V}{V} \times ১০০ \text{ হইবে।}$$

ভোল্টেজ রেগুলেশন সাধারণতঃ শতকরা হিসাবেই প্রকাশ করা হয়। এই শতকরা মান যত কম হয়, জেনারেটারের ভোল্টেজ রেগুলেশন ততই উত্তম বলিয়া বিবেচিত হইয়া থাকে।

সুষ্ঠুভাবে লোড পরিচালনা করিতে হইলে লোডের সকল অবস্থাতেই কিন্তু লাইন-ভোল্টেজ সমান থাকা প্রয়োজন। বর্তনীতে লোডসমূহ প্যার্যালেলে সংযুক্ত থাকে বলিয়া লোডের পরিমাণ একটি বাতি বা একটি পাখাই হউক, কিংবা সব কয়টি বাতি, পাখা আর মোটর একত্রেই হউক, তাহাদের পরিচালনা করিতে একই পরিমাণ তড়িৎ-চাপের প্রয়োজন হয়। তাই লোড পরিবর্তিত হইলেও প্রান্তিক চাপ যাহাতে সমান রাখা যায়, প্রত্যেক মেসিনেই তাহার কোনও না কোন প্রকার বন্দোবস্ত করা থাকে। ডি. সি. জেনারেটারের ক্ষেত্রে ইঞ্জিনের গতিবেগ বৃদ্ধি করিলে অথবা কমাইলে এই উদ্দেশ্য সিদ্ধ হইতে পারে বটে, তবে এই উপায় প্রায়ই অবলম্বন করা হয় না। ইহার দ্বারা সামান্য কিছু ভোল্টেজের পরিবর্তন কখন কখন করা হইলেও এই কাজ প্রধানতঃ

পোলের চুম্বকত্বের প্রখরতা কম বা বেশী করিয়াই করা হইয়া থাকে। যে যন্ত্রের সাহায্যে ইহা করা হয় তাহাকে "ফীল্ড-রেগুলেটার" বা "ভোল্টেজ রেগুলেটার" বলে। জেনারেটার তৈরী করিবার সময় এমনভাবে ফীল্ড-কয়েলের পরিকল্পনা করা হয় যাহাতে রেগুলেটার তাহার সহিত লাগানো থাকা সত্ত্বেও উপযুক্ত বেগে চলিবার সময় ডাইনামো উপযুক্ত তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিতে পারে।

রেগুলেটার কম-বেশী করা যায় এইরূপ একটি রেজিস্ট্যান্স। সান্ট এবং কম্পাউণ্ড জেনারেটারের ফীল্ড-সারকিটে ইহা ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে লাগানো থাকে, আর সিরিজ জেনারেটারের ফীল্ড-সারকিটে ইহা ফীল্ড-কয়েলের সহিত প্যারালেলে সংযুক্ত থাকে। প্রথম অবস্থায় ইহাকে "রেগুলেটার" আর দ্বিতীয় অবস্থায় ইহাকে "ডাইভারটার" বলা হয় (এই বিষয়ে পূর্ব পরিচ্ছেদেও আলোচনা করা হইয়াছে)। কম্পাউণ্ড জেনারেটারে অবশ্য অনেক সময় রেগুলেটার আর ডাইভারটার উভয়কেই একত্রে ব্যবহার করিতে দেখা যায়। রেগুলেটার ফীল্ড-সারকিটের সহিত সিরিজে লাগানো থাকে বলিয়া ইহার রোধ (resistance) খুব বেশী হওয়া দরকার। আর

সান্ট, কম্পাউণ্ড ও সিরিজ জেনারেটারে রেগুলেটার এবং ডাইভারটার সংযোগ করিবার পদ্ধতি
৭১নং চিত্র

সেইজন্য ইহা কম-বেশী করিলে ফীল্ড-সারকিট দিয়া বেশী বা কম তড়িৎ প্রবাহিত হয়। কিন্তু সিরিজ ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করিতে হইলে রেজিস্ট্যান্সকে ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে লাগানো চলে না, কারণ তাহাতে লাইনের কারেণ্টও কম-বেশী হইতে থাকে। লাইনের কারেণ্ট একভাবে থাকিবে অথচ সিরিজ ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহ কখন কম আর কখন বেশী হইবে, এইরূপ বন্দোবস্ত থাকা চাই। ডাইভারটারকে সিরিজ ফীল্ডের সহিত প্যার্যালেলে সংযুক্ত করিলে তবেই এই উদ্দেশ্য সিদ্ধ হয়। প্যার্যালেলে সংযুক্ত থাকাকালে ডাইভারটারের রোধ যখন

কমে, তখন ফীল্ড-কারেন্টের কিছু অংশ উহার ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয়; ফলে ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ কমিয়া যায়, আর সেই সঙ্গে চুম্বকের প্রখরত্ব কম হয় বলিয়া আর্মেচারে অপেক্ষাকৃত কম তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। ডাইভারটারের রোধ বৃদ্ধি করিলে আবার সেই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়; কারণ তখন ফীল্ড-কয়েল দিয়া অপেক্ষাকৃত বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, আর সেই সঙ্গে চুম্বকের প্রখরত্বও বাড়িয়া যায়। ৭১নং চিত্রে সাণ্ট ও কম্পাউণ্ড জেনারেটারের সহিত রেগুলেটারের, আর সিরিজ জেনারেটারের সহিত ডাইভারটারের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

ফীল্ড-সারকিটের সঙ্গে সিরিজে আর প্যার্যালেলে রেগুলেটার লাগানোর তফাৎ এই যে, সিরিজে লাগানো থাকিলে যখন রেগুলেটারের সমস্ত রোধ সারকিট হইতে বাদ দেওয়া হয়, তখনই ফীল্ড দিয়া পূরা কারেন্ট প্রবাহিত হইতে পারে; তাই সেই সময় চুম্বকত্বের প্রখরতা সর্বাপেক্ষা বেশী থাকে, আর আর্মেচারে সর্বাপেক্ষা অধিক তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। কিন্তু রেগুলেটার যখন প্যার্যালেলে সংযুক্ত থাকে, তখন উহার সমস্ত রোধ সারকিটে সংযোগ করিলে তবেই ফীল্ড-কয়েল দিয়া সর্বাপেক্ষা বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হইতে পারে, আর কেবলমাত্র তখনই আর্মেচারে সর্বাপেক্ষা অধিক তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়।

কম্পাউণ্ড জেনারেটারে সচরাচর ডাইভারটার ব্যবহার করা হয় না, সাণ্ট জেনারেটারের ন্যায় শুধু সাণ্ট ফীল্ডের সঙ্গেই সিরিজে রেগুলেটার সংযোগ করা থাকে।

৪-৫। স্বয়ংক্রিয় ভোল্টেজ রেগুলেটার (Automatic Voltage Regulator)

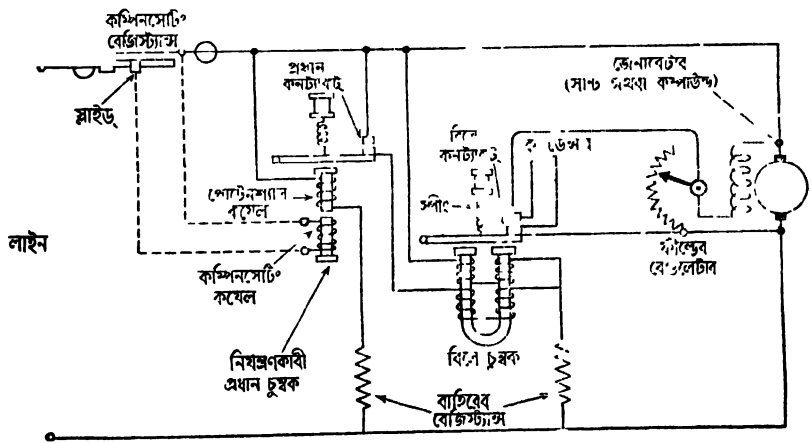
জেনারেটারের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ করিবার কাজে ব্যবহৃত যে ধরনের রেগুলেটার বা ডাইভারটারের কথা এতক্ষণ বলা হইল, তাহারা হস্তচালিত হইতে পারে, আবার স্বয়ংক্রিয় যন্ত্রের দ্বারাও পরিচালিত হইতে পারে। হস্তচালিত হইলে মেসিন চলিবার সময় সর্বদা কোন ব্যক্তিকে ইহাদের পরিচালনা করিবার জন্য উপস্থিত থাকিতে হয়। লোডের পরিবর্তন ঘটিলেই রেগুলেটারের রোধ কম বা বেশী করিবার প্রয়োজন দেখা দেয়। কিন্তু পরিচালক ব্যক্তি যদি সঠিক পরিমাণ রোধ কম বা বেশী করিতে সক্ষম না হয়, তবে লাইনের ভোল্টেজ সমান থাকিতে পারে না। তাহা ছাড়া পরিচালকের সামান্য ভুলের জন্য অনেক সময় লাইন-ভোল্টেজ অধিক পরিমাণে বৃদ্ধি পাইতে বা কমিয়া যাইতেও পারে; ইহাতে লোড-সারকিটের যথেষ্ট ক্ষতি হয়। বিশেষতঃ লোডের পরিমাণ যখন খুব দ্রুত পরিবর্তিত হইতে থাকে, তখন তাহার সঙ্গে সমান দ্রুতিতে রেগুলেটারের রোধ কম বা বেশী করার কাজ পরিচালকের আয়ত্তের মধ্যে না থাকিবার সম্ভাবনাই অধিক। এই সকল অসুবিধা দূর করিবার জন্য আজকাল প্রায় সকল মেসিনেই ফীল্ড-রেগুলেটার স্বয়ংক্রিয় যন্ত্রের সাহায্যে পরিচালিত হয়। ইহাতে কোন পরিচালকের দরকার হয় না, আর লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে আপনা

হইতেই তখন জেনারেটারের ফীল্ড-কারেণ্ট প্রয়োজনমত কম বা বেশী হইতে থাকে। লোড বাড়িলে ফীল্ড-কারেণ্ট বৃদ্ধি পাইয়া আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ বাড়াইয়া দেয়, আর লোড কমিলে রেগুলেটার আপনা হইতেই ফীল্ড-কারেণ্ট কম করিয়া এই তড়িৎ-চাপের পরিমাণ হ্রাস করে।

বাজারে নানা ধরনের স্বয়ংক্রিয় ভোল্টেজ রেগুলেটার দেখিতে পাওয়া যায়। প্রকৃতপক্ষে প্রত্যেক নির্মাণকারী প্রতিষ্ঠানই তাহাদের নিজস্ব পরিকল্পনা অনুসারে এই রেগুলেটার তৈরী করে। তবে ইহাদের মধ্যে ডি. সি. জেনারেটারের ক্ষেত্রে "টিরিল রেগুলেটার" (Tirrill Regulator)-এর ব্যবহারই অধিক প্রচলিত।

(ক) টিরিল রেগুলেটার (Tirrill Regulator)

একজোড়া ক্ষুদ্র রিলে কন্ট্যাক্টের (relay contacts) সাহায্যে টিরিল রেগুলেটার তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ করে। এই কন্ট্যাক্টদ্বয় সাণ্ট ফীল্ডের সহিত সিরিজে সংযুক্ত পরিবর্তনশীল রোধক বা রেগুলেটারের রেজিস্ট্যান্সকে সর্ট-সারকিট করিয়া দেয়, এবং সেই রোধক সর্ট-সারকিট হওয়া অবস্থায় কতক্ষণ থাকিবে তাহা ভোল্টেজ কতটা রেগুলেশন করা প্রয়োজন তাহার উপরেই নিভর করে। সাধারণতঃ ফীল্ড-রেগুলেটার এমনভাবে রাখা থাকে যাহাতে জেনারেটারের সহিত স্বয়ংক্রিয় রেগুলেটারের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হইলে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ নির্ধারিত মান (rated value) অপেক্ষা শতকরা ৩৫ ভাগ কম হয়।

নীচে ৭২ নং চিত্রে একটি টিরিল রেগুলেটারের বিভিন্ন অংশ ও তাহাদের পরস্পরের মধ্যে সংযোগ দেখানো হইল। রিলে চুম্বকটি U আকৃতির এবং উহার কোরের গায়ে দুইটি আলাদা কুণ্ডলি পরস্পরের বিপরীতে জড়ানো আছে। একটি কুণ্ডলির দুই প্রান্ত সরাসরি লাইনের সহিত, আর অন্য কুণ্ডলির দুই প্রান্ত প্রধান কন্ট্যাক্টদ্বয়ের

টিরিল রেগুলেটার
৭২নং চিত্র

মাধ্যমে লাইনের সহিত যুক্ত আছে। রিলে কন্‌ট্যাক্ট কিছুক্ষণ পরে পরেই জেনারেটারের ফীল্ড-রেগুলেটারকে সর্ট-সারকিট করিয়া দেয়। নিয়ন্ত্রণকারী প্রধান 'চুম্বকের সাহায্যে প্রধান কন্‌ট্যাক্টদ্বয়ের সংযোগ খোলা যায়, কিংবা প্রয়োজন হইলে বন্ধ করা যায়। একটি স্প্রীংয়ের সাহায্যে সাধারণতঃ এই কন্‌ট্যাক্ট দুইটি বন্ধ অবস্থায় থাকে।

এখন মনে কর, জেনারেটারের তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইতেছে। এই অবস্থায় নিয়ন্ত্রণকারী প্রধান চুম্বক উহার পোটেন্‌শ্যাল কয়েলের (potential coil) সাহায্যে অধিকতর শক্তিশালী হইয়া উঠিবে এবং প্রধান কন্‌ট্যাক্টদ্বয়ের সংযোগ খুলিয়া দিবে। ইহাতে লাইনের সহিত রিলে চুম্বকের একটি কুণ্ডলির সংযোগও একই সঙ্গে খুলিয়া যাইবে, আর দুইটি কুণ্ডলি যে এতক্ষণ পরস্পরের বিপরীতে কাজ করিতেছিল তাহার অবসান ঘটিবে। ফলে রিলে কন্‌ট্যাক্ট দুইটির সংযোগও এই সময় আকর্ষণের সাহায্যে খুলিয়া আসিবে, আর সেই সঙ্গে ফীল্ড-রেগুলেটারের সর্ট-সারকিট অবস্থা অপসারিত হইবে। তখন জেনারেটারের তড়িৎ-চাপ কমিয়া যাইবে।

জেনারেটারের তড়িৎ-চাপ যখন কমিতে আরম্ভ করে, তখন আবার রিলেসমূহের মধ্যে ইহার বিপরীত প্রতিক্রিয়া দেখা দেয়। প্রকৃতপক্ষে দুইটি রিলেই ক্রমাগত উভয় দিকে পরিচালিত হইতে থাকে বলিয়া জেনারেটারের তড়িৎ-চাপে খুব সামান্য পরিবর্তনই পরিলক্ষিত হয়। রিলে দুইটি খুব দ্রুত তালে স্পন্দিত হইতে থাকে, আর সেইজন্য এই রেগুলেটার "ভাইব্রেটিং টাইপ রেগুলেটার" (Vibrating Type Regulator) নামেও পরিচিত।

রিলে কন্‌ট্যাক্ট খুলিবার বা বন্ধ হইবার সময় যাহাতে স্ফুলিঙ্গ (spark) ছড়াইতে না পারে, সেইজন্য উহাদের সহিত প্যার‍্যালেলে একটি কনডেন্সার (condenser) লাগানো থাকে। এই কন্‌ট্যাক্টের মধ্য দিয়া অতি সামান্য পরিমাণ কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে পারে বলিয়া অনেক সময় টিরিল রেগুলেটার প্রধান জেনারেটারের পরিবর্তে একটি অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র এক্‌সাইটার জেনারেটারের (exciter generator) ফীল্ড-সারকিটে সংযুক্ত থাকে, আর সেই এক্‌সাইটারের মাধ্যমে রেগুলেটার আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ করিয়া বাস-বারের (bus-bar) ভোল্টেজ সমান রাখে।

বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার সময় লাইনের পরিবাহীতে যে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি দেখা দেয়, তাহা পূরণ করিতে হইলে নিয়ন্ত্রণকারী প্রধান চুম্বকের গায়ে একটি কম্পিন্‌সেটিং ওয়াইণ্ডিং (compensating winding) জড়াইয়া তাহার সহিত প্যার‍্যালেলে একটি কম্পিন্‌সেটিং রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করিতে হয়। তখন লোড বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করিলে বাস-বারের ভোল্টেজও সেই অনুপাতে ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়, আর সেই বর্ধিত ভোল্টেজ লাইনের বর্ধিত ঘাটতি মিটাইয়া দিয়া লোডের টার্মিন্যালে তড়িৎ-চাপকে সমান রাখে।

প্রশ্নমালা

১। টিরিল ভোল্টেজ রেগুলেটার সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

২। তৃতীয়-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটার কোন্ ধরনের কাজের পক্ষে উপযোগী? এই জেনারেটারের নির্মাণ-পদ্ধতি একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া বুঝাও।

৩। ডি. সি. জেনারেটারের "ভোল্টেজ রেগুলেশন" বলিতে কি বুঝ? বিভিন্ন শ্রেণীর জেনারেটারে কি কি উপায়ে ভোল্টেজ রেগুলেশন করা হয়?

৪। স্টোরেজ ব্যাটারি চার্জ করিবার জন্য কোন্ ধরনের জেনারেটার তুমি সর্বাপেক্ষা অধিক উপযোগী বলিয়া বিবেচনা কর? চিত্র অঙ্কন করিয়া এই জেনারেটারের নির্মাণ-কৌশল ও কর্ম-পদ্ধতি বুঝাইয়া দাও।

৫। হস্তচালিত ভোল্টেজ রেগুলেটার অপেক্ষা স্বয়ংক্রিয় ভোল্টেজ রেগুলেটার অধিকতর উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয় কেন? ডি. সি. জেনারেটারের সহিত সচরাচর কোন্ ধরনের স্বয়ংক্রিয় ভোল্টেজ রেগুলেটার ব্যবহার করিতে দেখা যায়?

৬। ওয়েল্ডিং জেনারেটারের বিশিষ্টতা কি ধরনের হওয়া উচিত, তাহা রেখাচিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর। এই জেনারেটারকে কোন্ শ্রেণীর ডাইনামো বলা চলে?

৭। একটি পরিষ্কার নক্সা অঙ্কন করিয়া টিরিল ভোল্টেজ রেগুলেটারের নির্মাণ-কৌশল ও কর্ম-পদ্ধতির বিবরণ দাও।

৮। চিত্র অঙ্কন করিয়া যে-কোন ধরনের একটি ওয়েল্ডিং জেনারেটার সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

৯। নিম্নলিখিত জেনারেটারসমূহের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও:—

(ক) সহায়ক-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটার।

(খ) ডাইভারটার-পোল জেনারেটার।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

ডি. সি. জেনারেটারের সংযোগ ও পরিচালন

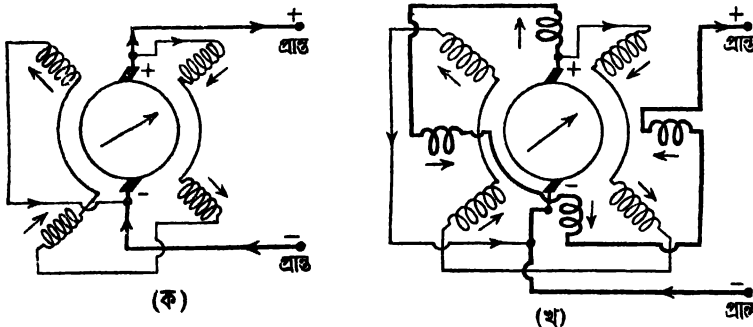
(Connections and Operations of D. C. Generators)

৫-১। ডি সি. মেসিনের ভিতরের সংযোগ (Internal Connections of D. C. Machines)

এই পরিচ্ছেদে মেসিনের ভিতরের সংযোগেব কথা যাহা বলা হইতেছে, তাহা জেনারেটার আর মোটর, দুইয়েতেই প্রয়োগ করা চলে। সাণ্ট, সিরিজ আর কম্পাউণ্ড নামের উৎপত্তি সম্বন্ধে ব্যাখ্যা কবিবাব সময় বলা হইয়াছে যে, মেসিন যে রকমেরই হউক না কেন, তাহাব ফীল্ড-কয়েলসমূহ পরস্পরের সঙ্গে সিরিজে লাগানো থাকে। কিন্তু সাণ্ট মেসিনে সেই ফীল্ড-কয়েলের সমষ্টি আর্মেচারের সঙ্গে প্যার্যালেলে জোড়া থাকে, সিরিজ মেসিনে সিবিজে জোড়া থাকে—এই রকম। কয়েল বা কুণ্ডলিগুলি সিরিজে সংযোগ করিবার সময় কিন্তু ইহা লক্ষ্য বাখিতে হয় যে, যদি তড়িৎ-প্রবাহ প্রথম, তৃতীয়, পঞ্চম ইত্যাদি বিজোড় কুণ্ডলি দিয়া বামাবর্তে প্রবাহিত হয়, তবে দ্বিতীয়, চতুর্থ, ষষ্ঠ ইত্যাদি জোড় সংখ্যক কুণ্ডলি দিয়া ঐ প্রবাহ যেন দক্ষিণাবর্তে ঘোরে, কেননা ফীল্ড-পোলগুলিতে পর্যায়ক্রমে উত্তর, দক্ষিণ, উত্তব, দক্ষিণ,—এই রকম মেরুত্ব উৎপন্ন হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু সেইজন্য জড়াইবাব সময় কুণ্ডলিগুলিব একটিকে যে বাঁ পাকে আর অন্যটিকে যে ডান পাকে জড়াইতে হইবে, তাহা নহে। যদি প্রত্যেক কুণ্ডলিব উপবেব দিকটা উহার আরম্ভের দিক বলিয়া ধরা যায়, তবে একই রকমে জড়ানো কুণ্ডলিব প্রথমটিব নীচেব দিকের সহিত দ্বিতীয়টির নীচের দিক, দ্বিতীয়টির উপরের দিকের সহিত তৃতীয়টির উপরের দিক, আবার তৃতীয়টিব নীচের দিকেব সহিত চতুর্থটির নীচের দিক—এইভাবে সংযোগ করিয়া কারেণ্ট দিলে কুণ্ডলিগুলি একটির পর একটি পর্যায়ক্রমে উত্তর ও দক্ষিণ মেরুত্ব উৎপাদন করিবে। একটি কম্পাস কাছে আনিলেই এই চুম্বকত্ব বুঝা যাইবে।

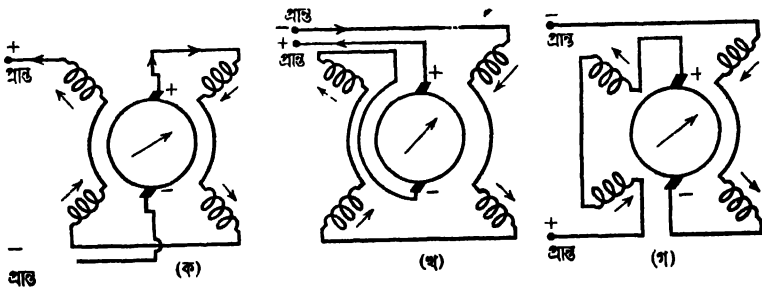
(১) সাণ্ট মেসিনের ভিতরের সংযোগ

৭৩(ক)নং চিত্রে একটি সহায়ক পোলবিহীন আব ৭৩(খ)নং চিত্রে একটি সহায়ক পোলওয়ালা সাণ্ট মেসিনের ভিতরের সংযোগ দেখানো হইযাছে। (ক) চিত্রে দেখা যাইবে যে,

সাণ্ট মেসিনের আর্মেচার ও ফীল্ড কয়েলেব বিভিন্ন সংযোগ
৭৩নং চিত্র

পজিটিভ ব্রাশ হইতে তড়িৎ-প্রবাহ দুইভাগে বিভক্ত হইয়া একভাগ লাইনে গিয়াছে (এই অংশে মোটা তার থাকে), আর অন্যভাগ একে একে সব কয়টি ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া নেগেটিভ ব্রাশে লাইন-কারেন্টের সহিত একত্র হইয়াছে। অতএব আর্মেচারের সহিত ফীল্ড সমান্তরালে (in parallel) আছে। এই অংশের তার অপেক্ষাকৃত সরু, তাই সাণ্ট মেসিনে ফীল্ড-কয়েলের তার চিনিয়া লওয়া খুবই সহজ।

মেসিন যে রকমেরই হউক না কেন, সহায়ক পোল (inter poles) সর্বদাই আর্মেচারের সঙ্গে সিরিজে থাকে, আব তাহাদের মেরুত্বও প্রধান পোলের ন্যায় পর্যায়-ক্রমে উত্তর ও দক্ষিণ হয়। এখন ৭৩(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, পজিটিভ ব্রাশ হইতে তড়িৎ-প্রবাহ দুইভাগে বিভক্ত হইয়া একভাগ সরু তার দিয়া একে একে সব প্রধান ফীল্ড-কয়েলগুলি ঘুরিয়া নেগেটিভ ব্রাশে আসিতেছে, আর অন্যভাগ মোটা তার দিয়া একে একে সব কয়টি সহায়ক পোলের কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া পজিটিভ টার্মিন্যালের দিকে যাইতেছে এবং বাহির হইতে নেগেটিভ টার্মিন্যাল দিয়া ফিরিয়া আসিয়া ব্রাশে ফীল্ড-কারেন্টেব সহিত একত্রিত হইতেছে। যেহেতু চুম্বকত্বের প্রখরতা ফীল্ড-কয়েলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের উপর নির্ভর করে, আর সেই অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ কুণ্ডলি দিয়া প্রবাহিত কাবেণ্ট এবং উহার পাকের সংখ্যার গুণফলের সমান, অতএব সিবিজ মেসিনের এবং সহায়ক পোলের ফীল্ড-কয়েলে লাইন-কারেণ্ট প্রবাহিত হয় বলিয়া কুণ্ডলির পাকের সংখ্যা কম থাকে, আর সাণ্ট মেসিনে এই পাকের সংখ্যা বেশী হয়।

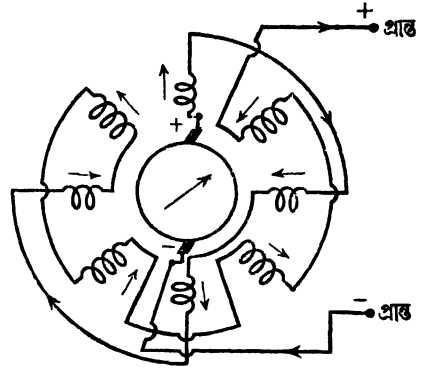
(২) সিরিজ মেসিনের ভিতরের সংযোগ

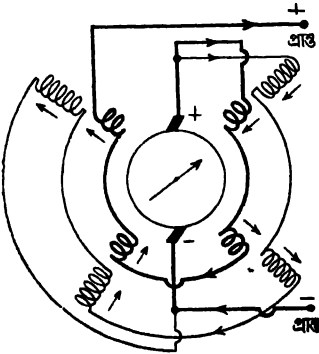
সিরিজ মেসিনে ফীল্ড-কয়েলগুলি আর্মেচারের সঙ্গে নানাভাবে সংযোগ করা যায়। এই সকল সংযোগ নিম্নে ৭৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। প্রথমে সব কয়টি ফীল্ড-কয়েল সিরিজে সংযুক্ত কবিয়া তাহার সর্বশেষ প্রান্ত আর্মেচারের (অর্থাৎ এক

সিরিজ মেসিনের আর্মেচার ও ফীল্ড-কয়েলের বিভিন্ন সংযোগ
৭৪নং চিত্র

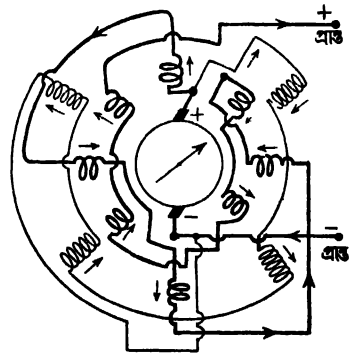
ব্রাশের) সঙ্গে সিরিজে লাগানো যাইতে পারে [৭৪(খ)নং চিত্র]; কিংবা প্রথমে আর্মেচার এবং পরে ফীল্ড-কয়েলের সারি দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া লাইনে যাইতে পারে [৭৪(ক)নং চিত্র]; কিংবা অর্ধেক সংখ্যক ফীল্ড-কয়েল সিরিজে সংযুক্ত করিয়া তাহার সঙ্গে আর্মেচার, এবং আর্মেচারের সঙ্গে আবার বাকী অর্ধেক সংখ্যক ফীল্ড-

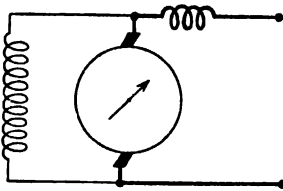
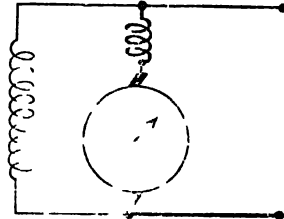
কয়েলের সিরিজে সংযোগ [৭৪(গ)নং চিত্র]—এই রকম যে-কোন ব্যবস্থা কার্যক্ষেত্রে দরকারমত করা যাইতে পারে।

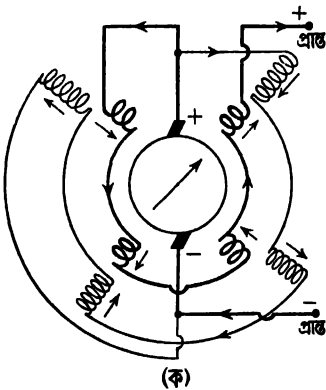
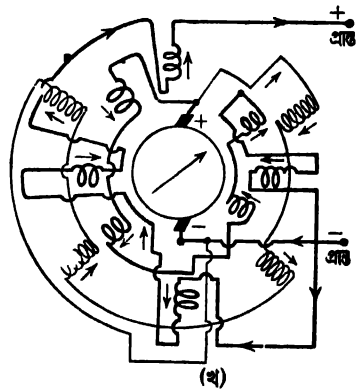
মেসিনের কোন্ পোলে কোন্ মেরুত্ব উৎপন্ন হইতেছে তাহা জানিতে হইলে, আর্মেচারকে সরাইয়া দিয়া সেই গর্তে যেন নিজে প্রবেশ করিতেছি এইরূপ মনে করিয়া, দেখিতে হইবে কুণ্ডলি দিয়া তড়িৎ কোন্ দিকে প্রবাহিত হইতেছে। যদি তড়িৎ এমনভাবে প্রবাহিত হয় যে তাহা কুণ্ডলি দিয়া বামাবর্তে ঘোরে, তবে সেই পোল উত্তর মেরু হইবে; আর যদি তড়িৎ-প্রবাহ দক্ষিণাবর্তে ঘোরে, তবে সেই পোল দক্ষিণ মেরু হইবে। জেনারেটারের যে প্রান্ত দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ মেসিন হইতে বাহিরের বর্তনীতে যায় তাহাকে পজিটিভ টার্মিন্যাল, আর অন্য প্রান্তটিকে নেগেটিভ টার্মিন্যাল হিসাবে ধরা হয়, কিন্তু মোটর বা অন্যান্য যন্ত্রপাতির ক্ষেত্রে যে প্রান্ত দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বাহিরের লাইন হইতে মেসিনের ভিতরে প্রবেশ করে তাহাই পজিটিভ টার্মিন্যাল এবং অন্য প্রান্তটি নেগেটিভ টার্মিন্যাল রূপে চিহ্নিত থাকে।

সিরিজ মেসিনে সহায়ক পোলের কয়েলগুলি প্রধান পোলের কয়েল-সমূহ এবং আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে। এই সংযোগ ৭৫নং চিত্রে দেখানো হইল। কোন্ পোলের মেরুত্ব কিরূপ হওয়া উচিত সেই সম্বন্ধে দ্বিতীয় পরিচ্ছেদে বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

ইন্টারপোল বা সহায়ক পোলওয়ালা সিরিজ মেসিনের ভিতরের সংযোগ
৭৫নং চিত্র

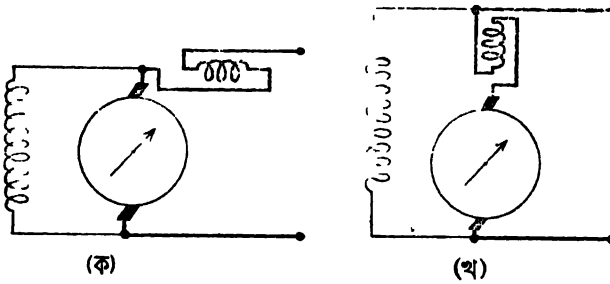
(৩) কম্পাউণ্ড মেসিনের ভিতরের সংযোগ

(ক)
সহায়ক পোলবিহীন কম্পাউণ্ড মেসিনের ভিতরের সংযোগ

(খ)
সহায়ক পোলওয়ালা কম্পাউণ্ড মেসিনের ভিতরের সংযোগ

৭৬নং চিত্র

৭৬নং চিত্রে কম্পাউণ্ড মেসিনের সংযোগের যে দুইটি ছবি দেওয়া হইয়াছে তাহার পরিচায়ক নক্সা নীচে ৭৭নং চিত্রে দেওয়া আছে। ঐ নক্সার সহিত মিলাইয়া সংযোগ বুঝিতে চেষ্টা করিলে তাহা সহজেই বুঝিতে পারা যাইবে।

(ক) সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মেসিন খ) লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মেসিন

৭৭নং চিত্র

কম্পাউণ্ড মেসিনে একই পোল-কোরের উপর সাণ্ট কয়েল আর সিরিজ কয়েল জড়ানো থাকে। সুতরাং সিরিজ কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের অভিমুখ অনুসারে (অর্থাৎ ঐ কয়েলগুলি সংযোগ করার রকম হিসাবে) ঐ কয়েলে উৎপন্ন চুম্বকত্ব সাণ্ট কয়েলে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে আরও বাড়াইয়া তুলিতেও পারে, আবার তাহার চুম্বকত্বকে কিছু হ্রাস করিতেও পারে। যে মেসিনে সিরিজ ফীল্ড আর সাণ্ট ফীল্ড পরস্পর পরস্পরকে সহায়তা করে, তাহাকে ইংরাজিতে "কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মেসিন", আর যাহাতে সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডের চুম্বকত্বের বল হ্রাস করে, তাহাকে "ডিফারেন্‌শ্যাল কম্পাউণ্ড মেসিন" বলে। ৭৬ ও ৭৭নং চিত্রে কম্পাউণ্ড মেসিনের যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে

৭৮নং চিত্র

তাহা যদি কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মেসিনের সংযোগ হিসাবে ধরা যায়, তবে ডিফারেন্‌শ্যাল কম্পাউণ্ড মেসিনের সংযোগ ৭৮ ও ৭৯নং চিত্রে প্রদর্শিত সংযোগের অনুরূপ হইবে।

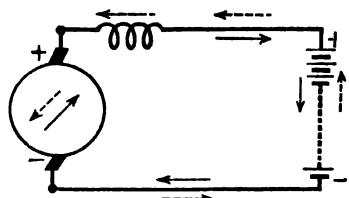
৭৯নং চিত্র

৫-২। ডি. সি. মেসিনে মেরুত্ব পরিবর্তন করার ফল (Effect of the Reversal of Polarity in D. C. Machines)

ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ বদল করিবার সঙ্গে সঙ্গে প্রত্যেক মেসিনের চুম্বকে উৎপন্ন মেরুত্বেরও পরিবর্তন ঘটে ; ফলে জেনারেটারের পজিটিভ টার্মিন্যাল নেগেটিভ টার্মিন্যাল হইয়া যায়। সর্বপ্রথমে মেসিন যখন অচল অবস্থায় থাকে, তখন চুম্বকত্বের অবশেষের (residual magnetism) দরুন চুম্বকে যে মেরুত্ব থাকিয়া যায়, সেই অনুসারেই ডাইনামোর টার্মিন্যাল নির্দিষ্ট হয়। এখন, যদি সিরিজ ডাইনামোর লাইনের রেজিস্ট্যান্স ক্রিটিক্যাল রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা কম, আর সাণ্ট ডাইনামোর লাইনের রেজিস্ট্যান্স ক্রিটিক্যাল রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা বেশী হয়, তবেই মেসিন চলিতে আরম্ভ করিলে উহার দ্বারা ভোল্টেজ উৎপন্ন হইতে পারে। অবশিষ্ট চুম্বকত্বের মেরুত্ব বদল করিলে লাইনে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ পরিবর্তিত হয়। ইহা করিতে গেলে প্রথমে বাহির হইতে কারেণ্ট আনিয়া ফীল্ড-কয়েল দিয়া এমনভাবে উল্টাদিকে পাঠাইতে হয় যাহাতে অবশিষ্ট চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যায়। আরও কিছুক্ষণ এইভাবে চলিবার পরে মেসিনের চুম্বকত্ব স্থায়ীভাবে পরিবর্তিত হয়।

যদি জেনারেটারের সাহায্যে কেবলমাত্র বাতি জ্বালাইতে হয়, তবে তড়িৎ-প্রবাহ অভিমুখ পরিবর্তন করিলেও কিছু যায় আসে না। কিন্তু যদি সেই লাইন হইতে এমন কাজের জন্য বিদ্যুৎ সরবরাহ লইতে হয় যাহাতে কারেণ্ট এক নির্দিষ্ট দিকে প্রবাহিত হওয়া প্রয়োজন, তবে সেই অবস্থায় যথেচ্ছভাবে ডাইনামোর মেরুত্ব বদল করা চলে না। ডাইনামোর রকম-ভেদে এই মেরুত্ব বদলের ফলাফল তখন নিম্নলিখিত রূপ হয় :—

(ক) সিরিজ জেনারেটার—

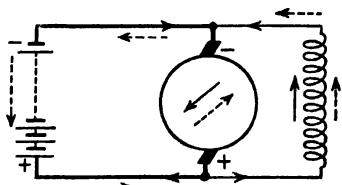
মনে কর, সিরিজ জেনারেটারের সাহায্যে কোন ব্যাটারি (storage battery) চার্জ করা হইতেছে। এই কাজে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ এমন হওয়া প্রয়োজন যাহাতে ব্যাটারির পজিটিভ টার্মিন্যাল দিয়া কারেণ্ট ভিতরে ঢুকিতে পারে। ৮০নং চিত্রে পুরা রেখার তীর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের এই অভিমুখ দেখানো হইয়াছে। ব্যাটারি যত চার্জ

হইতে থাকে, ততই তাহাতে সঞ্চিত তড়িৎ-চাপের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, আর ক্রমে তাহা জেনারেটারের প্রান্তিক চাপের সমান হইয়া ওঠে। তখন ব্যাটারি চার্জ করা শেষ হয়। ব্যাটারিতে সঞ্চিত চাপ সর্বদা লাইনে উল্টাদিকে কারেণ্ট পাঠাইতে চেষ্টা করে, কিন্তু জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ অপেক্ষা ঐ চাপ কম হওয়ার জন্য তাহা পারে না। যদি কোন কারণে জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ মুহূর্তের জন্যও সামান্য কম হয়, সঙ্গে সঙ্গে ব্যাটারির চাপ উল্টাদিকে কারেণ্ট পাঠাইতে আরম্ভ করে।

সিরিজ জেনারেটারের সাহায্যে ব্যাটারি চার্জ করা
৮০নং চিত্র

এখন, যদি সিরিজ জেনারেটারের সাহায্যে এইরূপ একটি ব্যাটারি চার্জ করিতে আরম্ভ করা যায়, আর কোন প্রকারে উহার মেরুত্ব পরিবর্তিত হয়, তবে উহার ফীল্ড-কয়েল দিয়া বিপরীত দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া ব্যাটারিকে উল্টাদিকে কারেণ্ট পাঠাইতে সাহায্য করিবে (৮০নং চিত্রে ফুট্‌কী ফুট্‌কী লাইনের তীর দিয়া এই কারেণ্টের অভিমুখ দেখানো হইয়াছে), এবং সঙ্গে সঙ্গে ডাইনামোর আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখও বদলাইয়া দিবে। তখন ডাইনামো হইতে যে-ব্যাটারির দিকে এতক্ষণ তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছিল, সেই ব্যাটারিই খরচ হইয়া যাইবে, আর জেনারেটার মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করিবে। ডাইনামোর আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ আর ব্যাটারির চাপের অভিমুখ তখন একই হওয়ার ফলে এত অতিরিক্ত কারেণ্টের উৎপত্তি হইবে যে, তাহাতে সবকিছু গরম হইয়া পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা দেখা দিবে।

এই সকল কারণে সিরিজ জেনারেটারের সাহায্যে কখন ব্যাটারি চার্জ করা হয় না। সিরিজ জেনারেটার ব্যবহার না করার আরও একটি কারণ এই যে, মেন সুইচ বন্ধ না করিলে ইহার ভোল্টেজ বাড়ে না। সুতরাং যে মুহূর্তে মেন সুইচ মারা হয়, সেই মুহূর্তে জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ ব্যাটারির চাপ অপেক্ষা কম থাকে বলিয়া ব্যাটারি হইতে কারেণ্ট উল্টাদিকে চলিয়া আসে।

(খ) সাণ্ট জেনারেটার—

সাণ্ট জেনারেটারে ব্রাশ হইতে কারেণ্টের এক ভাগ ফীল্ডে যায়, আর সেই ফীল্ড-কারেণ্টের সঙ্গে লাইন-কারেণ্টের কোন সংস্রব থাকে না বলিয়া মেন সুইচ মারা না হইলেও ফীল্ডের চুম্বক পরিপূর্ণভাবে উত্তেজিত হইয়া উঠিতে কোন প্রতিবন্ধক পায় না। আর যদিও বা কোন কারণে ব্যাটারি উল্টাদিকে কারেণ্ট পাঠায়, তবে তাহাতে ফীল্ড-কারেণ্টের অভিমুখ আগের মতই থাকে (৮১নং চিত্রে ফুট্‌কী ফুট্‌কী লাইনের তীর দিয়া এই কারেণ্টের অভিমুখ

সাণ্ট জেনারেটারের সাহায্যে ব্যাটারি চার্জ করা
৮১নং চিত্র

দেখানো হইয়াছে)। ইহাতে চুম্বকের মেরুত্ব বদলাইতে পারে না; ফলে, যদি কোন কারণে মুহূর্তের জন্য জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ ব্যাটারির চাপ অপেক্ষা কমিয়াও যায়, তথাপি তাহাতে একেবারে প্রবল বিরুদ্ধ-কারেন্ট বর্তনী দিয়া প্রবাহিত হইয়া সবকিছু পোড়াইয়া দিবে, এমন সম্ভাবনা দেখা দেয় না, আর জেনারেটারও নিজেকে সামলাইয়া লইতে যথেষ্ট সময় পায়।

এই কারণে সাণ্ট জেনারেটার দিয়াই সাধারণতঃ ব্যাটারি চার্জ করা হইয়া থাকে। সিরিজ ফীল্ড থাকার জন্য কম্পাউণ্ড জেনারেটারও এই বিষয়ে সাণ্ট জেনারেটারের সমকক্ষ হইতে পারে না। তবে কার্যক্ষেত্রে ব্যাটারি চার্জ করিবার পক্ষে একটি সাধারণ সাণ্ট জেনারেটার অপেক্ষা ডাইভারটার-পোল জেনারেটার অনেক বেশী উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয়। এই সম্বন্ধে পূর্ব অধ্যায়েই বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

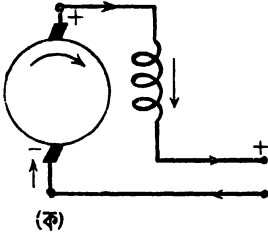
৫-৩। ডি. সি. জেনারেটারের পাকের অভিমুখ পরিবর্তনের ফল (Effect of the Reversal of the Direction of Rotation of D. C. Generators)

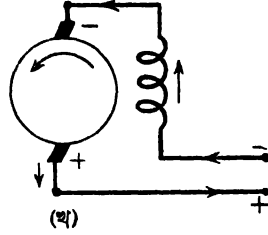
একটি জেনারেটার দক্ষিণাবর্তে ঘুরিবে কি বামাবর্তে ঘুরিবে তাহার নির্দেশ অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মেসিনের গায়ে তীর চিহ্ন দিয়া আঁকা থাকে। সাধারণতঃ যেদিকে কম্যুটেটার থাকে, সেই প্রান্তে মেসিনের দিকে সুমুখ করিয়া দাঁড়াইলে কম্যুটেটার বামাবর্তে ঘুরিবে—এই নিয়মই এখন সর্বত্র প্রচলিত। তাহা ছাড়া জেনারেটারের ব্রাশ প্রায়ই একটু হেলানভাবে কম্যুটেটারের উপর বসানো থাকে, মোটরের ব্রাশের মত খাড়াভাবে থাকে না। ইহা হইতেও মেসিন কোন্ দিকে ঘুরিবে তাহা জানা যায়। যদি কোন কারণে মেসিনকে উল্টাদিকে ঘুরানো হয়, তবে তাহাতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বিপরীত-মুখী হইয়া যায়, ফলে কারেণ্টও উল্টাদিকে প্রবাহিত হইতে থাকে। তখন নিম্নলিখিতরূপ ফলাফল দেখিতে পাওয়া যায়:—

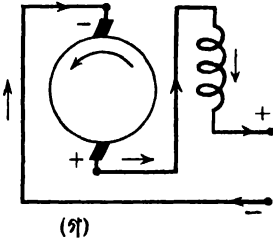
(১) বুস্টার প্রভৃতি সেপ্যারেট্লি এক্সাইটেড্ জেনারেটার হইলে ফীল্ডের চুম্বকত্ব বদলাইয়া যায়, আর সেই সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত হয় বলিয়া পজিটিভ টার্মিন্যাল দিয়া কারেণ্ট মেসিনে প্রবেশ করে এবং নেগেটিভ টার্মিন্যাল দিয়া বাহির হয়। তখন মেসিনের টার্মিন্যাল দুইটি উল্টা করিয়া দিলেই গোল মিটিয়া যায়, কিংবা টার্মিন্যালের সহিত ব্রাশের সংযোগ উল্টা করিয়া দিলেও কাজ হয়।

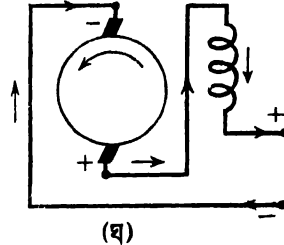
(২) সিরিজ জেনারেটার উল্টাদিকে ঘুরাইলে অবশিষ্ট চুম্বকত্ব হইতে যে সামান্য ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তাহার অভিমুখ বিপরীত হয়। তখন এই ভোল্টেজ হইতে উৎপন্ন কারেণ্ট ফীল্ড-কয়েল দিয়া বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইয়া অবশিষ্ট চুম্বকত্বকে ধ্বংস করে। ফলে আর কোন তড়িৎ-চাপ আর্মেচারে আবিষ্ট হইতে পারে না এবং আর্মেচার দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়াও বন্ধ হইয়া যায়। এই অবস্থায় বাহির হইতে কারেণ্ট পাঠাইয়া ফীল্ড-পোলকে আবার উপযুক্ত মেরুত্বে উত্তেজিত করিতে হয়। ৮২ (ক) ও (খ) নং চিত্রে জেনারেটারের এই দুই অবস্থা দেখানো হইয়াছে।

যদি জেনারেটারের এই অবস্থার প্রতিকার করিতে হয়, তবে ৮২(গ) ও (ঘ)নং চিত্রে যে দুইটি উপায় দেখানো হইয়াছে তাহার যে কোন একটি অবলম্বন করিতে হইবে। ৮২(গ)নং চিত্রে দেখানো হইযাছে যে, ব্রাশের অবস্থান পূর্বের মতই আছে, কিন্তু উহার সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ বদল করিয়া দেওয়ার ফলে লাইনের উপরের

(ক)

আর্মেচার দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে, ফীল্ড-কয়েল দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে কারেণ্ট আসিতেছে, লাইনের উপরের টার্মিন্যাল পজিটিভ।

(খ)

আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে, ফীল্ড-কয়েল দিয়া নীচ হইতে উপরের দিকে কারেণ্ট যাইতেছে, লাইনের উপরের টার্মিন্যাল নেগেটিভ।

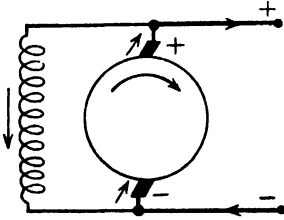
(গ)

আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে, কিন্তু ব্রাশের সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ বদল করিয়া দেওয়ার ফলে উপরের টার্মিন্যালই পজিটিভ আছে।

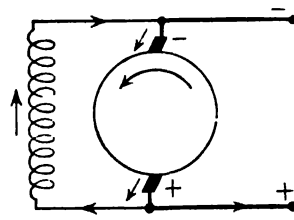
(ঘ)

আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে এবং ব্রাশের সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগও অপরিবর্তিত আছে। কিন্তু রকারের সাহায্যে ব্রাশকে এক পোল সরাইয়া দেওয়াতে উপরের টার্মিন্যাল পজিটিভ হইয়াছে।

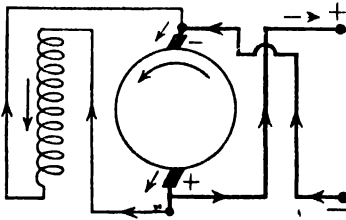
৮২নং চিত্র

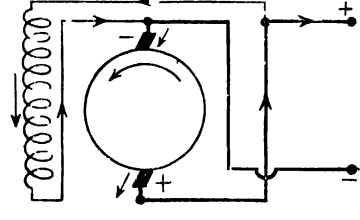
তার দিয়াই কারেণ্ট বাহিরে যাইতেছে, অর্থাৎ লাইনে কারেণ্টের অভিমুখ আবার পূর্বের মত হইয়াছে। ৮২(ঘ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, ফীল্ড-কয়েলের সহিত ব্রাশের সংযোগ ৮২(ক) চিত্রের অনুরূপ রাখিয়া "রকার"-এর সাহায্যে ব্রাশকে এক পোল দূরত্বে সরাইয়া দেওয়া হইয়াছে ; ফলে লাইনে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ আবার পূর্বের মত হইয়াছে।

(৩) যদি মেসিনটি একটি সাণ্ট জেনারেটার হয়, তবে উল্টা পাকে ঘুরাইলে সিরিজ জেনারেটারের ন্যায় একই কারণে এই মেসিনের ফীল্ড-পোলও উত্তেজন পায় না। তখন উহার ফীল্ড-কয়েলেও আবার বাহির হইতে কারেণ্ট আনিয়া উপযুক্ত অভিমুখে পাঠাইতে হয়। সাণ্ট জেনারেটারের সংযোগ কিভাবে বদল করিতে হয়, তাহা ৮৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

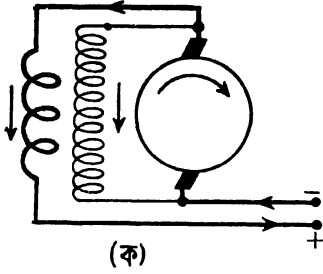
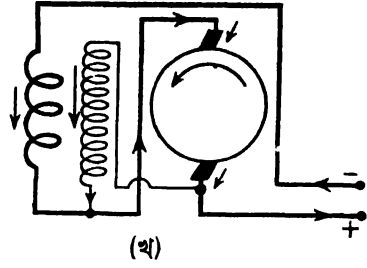
(ক)

আর্মেচার দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে, সাণ্ট ফীল্ড কয়েলে উপর হইতে নীচের দিকে কারেণ্ট আসিতেছে, উপরের টার্মিন্যাল পজিটিভ।

(খ)

আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে সাণ্ট ফীল্ড কয়েলে নীচ হইতে উপরের দিকে কারেণ্ট যাইতেছে, উপরের টার্মিন্যাল নেগেটিভ।

(গ)

আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে, ফীল্ড-কয়েল আর লাইনের সংযোগ বদল করিয়া দেওয়ার ফলে উপরের টার্মিন্যাল পজিটিভ হইয়াছে।

(ঘ)

আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে, কিন্তু উপরের ব্রাশকে নীচে আর নীচের ব্রাশকে উপরে সরাইয়া দেওয়া হইয়াছে; ফীল্ড-কয়েলে কারেণ্ট উপর হইতে নীচের দিকে আসিতেছে, আর সঙ্গে সঙ্গে উপরের টার্মিন্যালের সহিত পজিটিভ ব্রাশের সংযোগ হওয়ায় উপরের টার্মিন্যাল পজিটিভ হইয়াছে।

৮৩নং চিত্র

(৪) ৮৪(ক)নং চিত্রে একটি কম্পাউণ্ড জেনারেটারের সাধারণ সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এখানে লক্ষ্য করিবার বিষয় এই যে, সিরিজ আর সাণ্ট—এই দুই ফীল্ড-কয়েল দিয়া একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে।

৮৪নং চিত্র

এইরূপ না হইলে একই পোল-কোরের উপর দুই রকম কয়েল পরস্পরের চুম্বকত্বকে সাহায্য করিতে পারে না, ফলে ডিফারেন্শ্যাল সংযোগ হইয়া দাঁড়ায়। আর্মেচারকে বামাবর্তে ঘুরাইলে সংযোগের পরিবর্তন কিভাবে করিতে হয়, তাহা ৮৪(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এখানেও দুইটি ফীল্ড-কয়েল দিয়া একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে।

৫-৪। লাইনের সহিত জেনারেটারের সংযোগ (Connections of Generators with the Supply Lines)

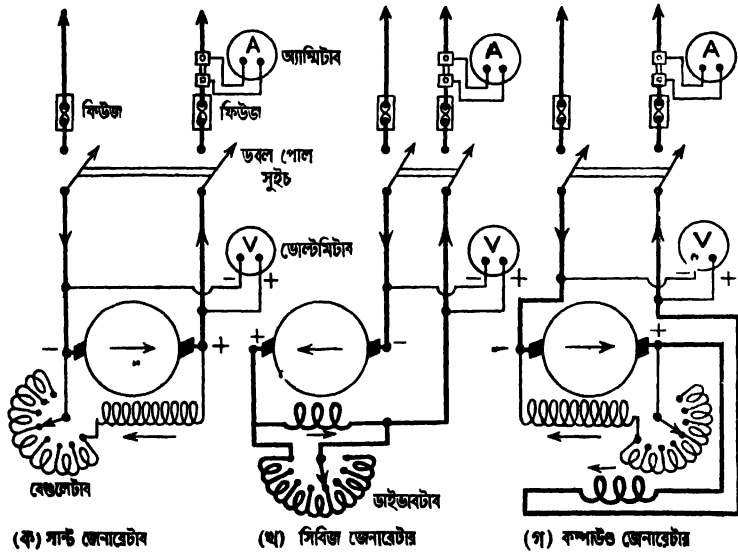
জেনারেটার হইতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে হইলে যে-সকল যন্ত্রপাতি আর সরঞ্জাম দরকার হয়, পরিচ্ছেদের এই অংশে তাহার কিছুটা আভাস দেওয়া হইতেছে। কার্য-ক্ষেত্রে অবশ্য অবস্থা বুঝিয়া প্রায়ই ইহার কিছু কিছু অদল-বদল করিতে হয়।

বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহের কাজকে প্রধানতঃ তিনভাগে ভাগ করা যাইতে পারে—
(১) শক্তি উৎপাদন (Generation), (২) নিয়ন্ত্রণ (Control), এবং (৩) বিতরণ (Distribution)।

তড়িৎ-শক্তি উৎপাদনের জন্য জেনারেটারকে প্রাইম মুভারের সাহায্যে ঘুরাইতে হয়, ইহা পূর্বেই বলা হইয়াছে। বর্তমানে ইহা আমাদের আলোচ্য বিষয় নহে। চালু করিবার পরে জেনারেটারের ভোল্টেজ, কারেন্ট প্রভৃতি নিয়ন্ত্রণ করিবার জন্য যে-সকল যন্ত্রপাতি আর আসবাব ব্যবহার করা হয়, তাহাদের সম্বন্ধেই এখানে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইবে। নিয়ন্ত্রণের কাজে ব্যবহৃত প্রধান প্রধান যন্ত্রপাতিগুলির অন্যতম ফীল্ড-রেগুলেটার। প্রত্যেক ডাইনামোর সঙ্গে উহার ফীল্ড-রেগুলেটারও পাওয়া যায় (নানা প্রকার রেগুলেটার সম্বন্ধে চতুর্থ পরিচ্ছেদে বিস্তারিত আলোচনা ইতিপূর্বেই করা হইয়াছে)। তাহা ছাড়া নিয়ন্ত্রণ বিভাগে পড়ে সেইসব যন্ত্রপাতি যাহাদের সাহায্যে তড়িৎ-চাপ, তড়িৎ-প্রবাহ প্রভৃতি মাপা যায়, আর সুইচ, ফিউজ, সারকিট ব্রেকার প্রভৃতি যাহা দিয়া ইচ্ছামত বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করা চলে। এই সকল যন্ত্রপাতির বিষয়েই এক্ষণে সংক্ষেপে বলা হইতেছে :—

(১) অ্যাম্মিটার ও ভোল্টমিটার

ডাইনামোতে কত চাপ আবিষ্ট হয় তাহা দেখিবার জন্য একটি ভোল্টমিটার, কত কারেন্ট প্রবাহিত হয় তাহা দেখিবার জন্য একটি অ্যাম্মিটার, আর আর্মেচার উপযুক্ত

পাকে ঘুরিতেছে কিনা তাহা দেখিবার জন্য কখন কখন একটি ট্যাকোমিটার (tachometer)—এই তিনটি যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। ট্যাকোমিটার না থাকিলেও ক্ষতি হয় না, কারণ তাহার কাজ অনেকাংশে ভোল্টমিটার দিয়াই চলিয়া যায়, কিন্তু অ্যাম্মিটার এবং ভোল্টমিটার প্রত্যেক ডাইনামোর সঙ্গে থাকিতেই হইবে। ডাইনামোর নির্ধারিত (rated) ভোল্টেজ এবং কারেন্ট যত, তাহার সওয়া গুণ হইতে দেড়গুণ ভোল্টেজ আর কারেন্ট মাপিতে পারা যায় এমন ভোল্টমিটার ও অ্যাম্মিটার ব্যবহার করাই নিয়ম। সুইচ খোলা থাকা অবস্থাতেই যাহাতে মেসিনের ভোল্টেজ দেখিতে পাওয়া যায়, সেইজন্য ভোল্টমিটারকে সুইচের আগেই লাগাইতে হয়। ইহা ৮৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। অ্যাম্মিটার যে-কোন লাইনেব সঙ্গে সিরিজে লাগানো চলে, তবে অ্যাম্মিটারকে এমনভাবে লাগাইতে হয় যাহাতে উহার পজিটিভ টার্মিন্যাল দিয়া কারেন্ট ভিতরে প্রবেশ করিতে আর নেগেটিভ টার্মিন্যাল দিয়া বাহির হইতে পারে।

৮৫নং চিত্র

অ্যাম্মিটার এবং ভোল্টমিটার নানা প্রকারের হয়। ইহাদের মধ্যে "মুভিং আয়রণ" (Moving-iron), "মুভিং কয়েল" (Moving-coil) ও "ডাইনামোমিটার" (Dynamometer) জাতীয় যন্ত্রই প্রধান। তবে ডি. সি. জেনারেটারের সহিত প্রথম দুই শ্রেণীর যন্ত্রের ব্যবহারই সচরাচর বেশী দেখা যায়। মুভিং কয়েল জাতীয় যন্ত্র ব্যবহার করা হইলে কোন্ টার্মিন্যাল দিয়া কারেন্ট যন্ত্রে প্রবেশ করিবে আর কোন্ টার্মিন্যাল দিয়া বাহির হইবে, লাগাইবার সময় সেই বিষয়ে অবহিত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু মুভিং আয়রণ জাতীয় যন্ত্র ব্যবহার করিতে গেলে সেই বিষয়ে অবহিত হইবার দরকার করে

না। তাই পূর্বোক্ত যন্ত্রের টার্মিন্যালে যোগ (+) এবং বিয়োগ (−) চিহ্ন দাগ মারা থাকে, শেষোক্ত যন্ত্রে থাকে না।

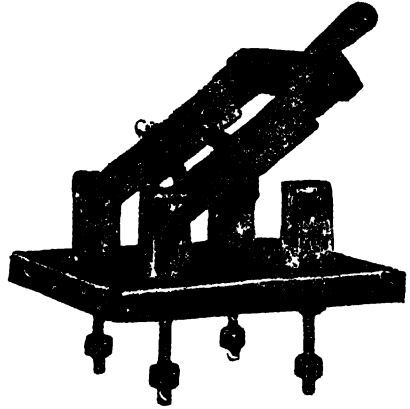
ভোল্টমিটারের কয়েলের সহিত একটি উচ্চমানের রেজিস্ট্যান্স সিরিজে লাগানো থাকে। এই রেজিস্ট্যান্স যন্ত্রের ভিতরেই থাকে। কিন্তু অ্যাম্মিটারে, যেখানে বেশী কারেন্ট মাপা হয় সেখানে, একটি খুব অল্পমানের রেজিস্ট্যান্স কয়েলের সহিত প্যার্যালেলে সংযুক্ত করা হয়। ইহাকে "অ্যাম্মিটার-সান্ট" (Ammeter-Shunt) বা শুধু "সান্ট" (Shunt) বলে। সান্ট-ওয়ালা অ্যাম্মিটারে প্রত্যেকটি যন্ত্রের সহিত একটি করিয়া সান্ট আলাদা দেওয়া থাকে। এই সান্টকে লাইনের সহিত সিরিজে আর যন্ত্রটিকে সান্টের দুই প্রান্তের সহিত প্যার্যালেলে লাগাইতে হয়। মোটামুটি হিসাবে বলিতে গেলে, যেখানে লাইন-কারেন্ট একশত অ্যাম্পিয়ার অপেক্ষা বেশী, সেখানেই অ্যাম্মিটারের সহিত সান্ট ব্যবহার করা হইয়া থাকে। যখন লাইন দিয়া বেশী কারেন্ট যায়, তখন পুরা কারেন্ট যন্ত্রের কয়েল দিয়া পাঠানো চলে না। পুরা কারেন্টের মাত্র সামান্য একটা অংশ কয়েল দিয়া পাঠানো হইয়া থাকে। বেশীর ভাগ কারেন্ট সান্ট দিয়াই প্রবাহিত হয়, আর তাহাতেই যন্ত্র ঠিকমত কাজ করে। যন্ত্রের "ডায়াল" (dial)-এ যে দাগ থাকে, তাহা কিন্তু পুরা লাইন-কারেন্টই নির্দেশ করে, তাই সান্ট ব্যবহার করিলেও যন্ত্র দিয়া লাইন-কারেন্ট মাপায় কোন ভুল হয় না। ভোল্টমিটারের ক্ষেত্রেও অনুরূপভাবে ডায়ালের দাগ লাইনের পুরা ভোল্টেজ নির্দেশ করে।

(২) সুইচ

লাইনে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার জন্য, এবং প্রয়োজনমত সেই সরবরাহ বন্ধ রাখিবার জন্য, জেনারেটারের সহিত সুইচ ব্যবহার করা প্রয়োজন। মেন সারকিটে সচরাচর "নাইফ সুইচ" (Knife Switch)-ই ব্যবহার করা হয়। সুইচ একটিও দেওয়া যায়, আবার দুইটি সুইচও একত্রে লাগানো চলে (অর্থাৎ কেবল পজিটিভ লাইনে একটি সুইচ, কিংবা দুইটি লাইনের প্রত্যেকটিতেই একটি করিয়া দুইটি সুইচ দেওয়া যায়), তবে মেন লাইনে দুইটি সুইচ দেওয়াই নিয়ম। সুইচের আকৃতি এমন হওয়া দরকার যাহাতে সর্বাপেক্ষা বেশী কারেন্ট (যাহা ডাইনামো হইতে পাওয়া যায়) প্রবাহিত হইলেও উহার কোন ক্ষতি না হয়। প্রত্যেকটি জেনারেটারের সুইচেরই নিম্নলিখিত গুণগুলি থাকা দরকার :—

জেনারেটার হইতে ক্রমাগত উচ্চতম কারেন্ট সুইচের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকিলেও উহা যেন অযথা গরম হইয়া না ওঠে। ব্লেডের আয়তন সর্বদাই যথেষ্ট হওয়া প্রয়োজন। বর্তমানে ব্লেডের প্রতি বর্গ ইঞ্চি প্রস্থচ্ছেদে ১০০০ অ্যাম্পিয়ার, এবং ব্লেড যে কন্ট্যাক্টের মধ্যে প্রবেশ করে তাহার প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে ৫০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট যাহাতে প্রবাহিত হইতে পারে, সেইভাবে উপযুক্ত করিয়া প্রত্যেকটি সুইচ তৈরী করা হয়। ইহাতে কারেন্ট অনবরত প্রবাহিত হইলেও সুইচ অতিরিক্ত গরম হয় না। কোন্ সুইচ কত কারেন্ট বহন করিবার পক্ষে উপযুক্ত, তাহা নিরূপণ করিবার প্রথা মোটামুটি এইরূপ : যদি কারেন্ট

১০০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী হয়, তবে উচ্চতম কারেন্ট অনবরত প্রবাহিত হইতে থাকিলেও সুইচের উত্তাপ যেন আবহমগুলের তাপ অপেক্ষা ৩০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের বেশী, আর যদি কারেন্ট ১০০ অ্যাম্পিয়ারের কম হয়, তবে যেন ২০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের বেশী না হয়।

যত ভোল্টেজের সারকিটে সুইচ ব্যবহার করা হইবে তাহার দেড়গুণ ডি. সি. ভোল্টেজ বিশিষ্ট সারকিটেও যদি সেই সুইচ ব্যবহার করা হয়, তবে তাহা যেন নির্দিষ্ট কারেন্টের অন্ততঃ দেড়গুণ কারেন্ট খুলিবার সময়েও উহার দুই কন্‌ট্যাক্টের মধ্যে স্থায়ীভাবে আগুন না জন্মায়। সুইচের এই ক্ষমতাকে উহার "ব্রেকিং ক্যাপাসিটি" (Breaking Capacity) বলে। তবে যদি সুইচের নির্দিষ্ট তড়িৎ-বহন ক্ষমতা ৪০০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী হয়, তখন সচরাচর তাহা দিয়া ঐ ৪০০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী তড়িৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করা হয় না। যেখানে ৮০০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হয়, সেখানে দুই বা ততোধিক সংখ্যক ব্লেড একত্রে প্যারালেলে লাগানো থাকে। কিভাবে একটি ডবল-পোল নাইফ সুইচ ও তাহার কন্‌ট্যাক্টগুলি বসানো থাকে, তাহা ৮৬নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

ডবল-পোল নাইফ সুইচ
৮৬নং চিত্র

(৩) ফিউজ বা কাট-আউট

কোন সারকিটের ভোল্টেজকে উহার রেজিস্ট্যান্স দিয়া ভাগ করিলে যত ভাগফল পাওয়া যায়, তত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সেই সারকিট দিয়া প্রবাহিত হইয়া থাকে। লাইনে বা মেসিনে সর্ট-সারকিট হইলে এই রেজিস্ট্যান্স খুব কমিয়া যায়। তখন সারকিট দিয়া এত বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয় যে, তাহাতে সবকিছু পুড়িয়া যাইতে পারে। লাইন, মেসিন এবং যন্ত্রপাতিকে এই বিপদ হইতে রক্ষা করিবার জন্য সারকিটের সহিত এক টুকরা সরু তার সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। ইহাতে কোন এক নির্দিষ্ট পরিমাণ কারেন্ট অপেক্ষা বেশী কারেন্ট সারকিট দিয়া প্রবাহিত হইতে গেলেই উৎপন্ন তাপ অধিক হইয়া সেই তারকে গলাইয়া ফেলে, তখন সমস্ত বর্তনী তড়িৎ-শূন্য (dead) হইয়া যায়। এই তারের টুকরাকে "ফিউজ" বা "কাট-আউট" (Fuse or Cut-out) বলে।

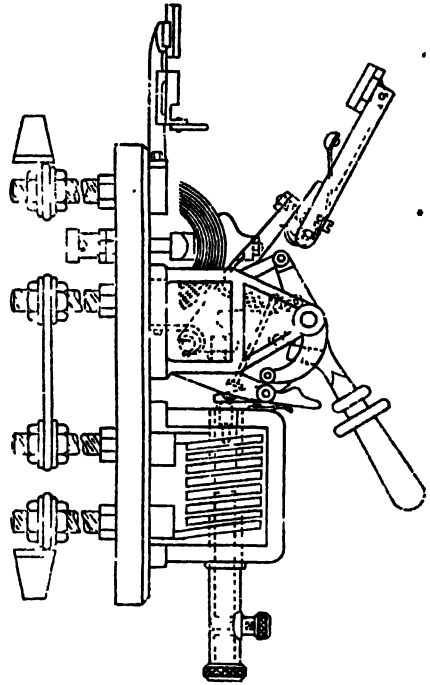
বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ অল্প হইলে শুধু পজিটিভ তারেই ফিউজ দেওয়া হয়, কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহ বেশী হইলে পজিটিভ আর নেগেটিভ—এই দুই তারেই ফিউজ দেওয়া নিয়ম (কেবল নিউট্রাল তারে ফিউজ লাগানো ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুসারে নিষিদ্ধ)। জেনারেটারের সুইচ বোর্ডে ফিউজও ব্যবহার করা যায়. আবার সারকিট

ব্রেকারও (Circuit breaker) ব্যবহার করা চলে। ফিউজের পরিবর্তে সারকিট ব্রেকার ব্যবহার করিলে অনেক বেশী সুবিধা পাওয়া যায় বটে, কিন্তু সারকিট ব্রেকারের দাম অত্যধিক বলিয়া কেবলমাত্র বড় বড় মেসিনের ক্ষেত্রেই ইহার ব্যবহার প্রচলিত।

তড়িৎ প্রবাহিত হইলেই ফিউজের তার গরম হয়, কেননা এই তারের রোধ বা রেজিস্ট্যান্স থাকায় তড়িৎ প্রবাহিত হইলে উহাতে শক্তি খরচ হইতে থাকে। যত বেশী শক্তি খরচ হয়, ততই ফিউজ-তারের উত্তাপ বৃদ্ধি পায়। আর যখন সেই উত্তাপ তারের "গলন-উত্তাপে" (fusing temperature) আসে, তখনই ফিউজ গলিয়া যায়। ইহাকে 'ফিউজ পোড়া' বলে। তার যত সরু হয়, তাহার রোধ তত বেশী হয় বলিয়া কোন বর্তনীতে সরু তারের ফিউজ দিলে তাহা শীঘ্র গলিয়া যায়, এমন কি ফিউজ লাগাইবামাত্রই তাহা গলিয়া যাইতে পারে। যদি কোন কম ভোল্টেজের বর্তনীতে এমন ফিউজ লাগাইবার প্রয়োজন দেখা দেয় যাহা এক মিনিট সময়ের মধ্যে গলিয়া যাওয়া দরকার (কারণ ফিউজ গলিতে যত দেরী হয়, সারকিটের অন্যান্য যন্ত্রপাতি আর আসবাব গরম হইয়া পুড়িয়া যাইবার আশঙ্কা তত বেশী থাকে), তবে সেই ফিউজ-তারের গলন-কারেন্টের পরিমাণ ঐ বর্তনীর সর্বাপেক্ষা সরু তারের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতার দ্বিগুণ হইতে হইবে। যে লাইনে তড়িৎ-প্রবাহ ঘন ঘন কম-বেশী হইতে থাকে, কিংবা যে বর্তনীতে সর্ট-সারকিট হইবার সম্ভাবনা বেশী থাকে, সেই লাইনে বা বর্তনীতে এমন ফিউজ দিতে হয় যাহা বর্তনীর সাধারণ উচ্চতম কারেন্টের দেড়গুণ কারেন্টে গলিয়া যায়। অবশ্য সাত অ্যাম্পিয়ার অপেক্ষা কম কারেন্টে গলিয়া যায় এইরূপ ফিউজ-তার কোন মেসিনের সারকিটেই ব্যবহার করিবার প্রয়োজন হয় না।

(৪) সারকিট ব্রেকার বা অটোম্যাটিক সুইচ

মোটামুটি হিসাবে যেখানে ১০০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয়, সেখানে ফিউজের পরিবর্তে সারকিট ব্রেকার ব্যবহার করিলে অপেক্ষাকৃত ভাল ফল পাওয়া যায়। একটি স্লেট পাথরের চেপটা খণ্ডের (slab) উপরে দুইটি তামার কন্‌ট্যাক্ট পরস্পরের নিকট হইতে উপযুক্ত দূরে বসানো থাকে। এই দুই কনট্যাক্টকে তামার পাত একত্র করিয়া তৈরী করা ব্রাশের সাহায্যে হস্ত দ্বারা সংযোগ করা হয়। ইহা ঠিক সুইচ মারার মতই। তখন মেন কারেন্ট প্রবাহিত হইতে পায়। সারকিট ব্রেকারে একটি কুণ্ডলি বা কয়েল থাকে, আর তাহার ভিতরে থাকে একটি প্লাঞ্জার (plunger)। মেন কারেন্ট এই কুণ্ডলি দিয়া প্রবাহিত হয়। যখন কারেন্ট এত বেশী হয় যে তাহা লাইনের পক্ষে ক্ষতিকারক হইয়া ওঠে, তখন কুণ্ডলিতে উৎপন্ন চুম্বকত্বও অত্যধিক হয়। সেই প্রখর চুম্বকত্ব তখন প্লাঞ্জারকে ভিতরে টানিয়া লয়। এমন ব্যবস্থা করা থাকে যাহাতে প্লাঞ্জার কুণ্ডলির ভিতরে আকৃষ্ট হইবার সময় ব্রেকারের অন্য একটি অংশে সজোরে আঘাত করে; ইহাকে "ট্রিগার" (trigger) বলে। সেই আঘাতের ফলে তামার ব্রাশ খুলিয়া আসে, আর তাহাতে লাইন দিয়া কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হয়। যতক্ষণ এই পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে, ততক্ষণ যতবারই ব্রেকার লাগাইয়া

দেওয়া যায়, ততবারই প্লাঞ্জার সজোরে ধাক্কা মারে, আর সঙ্গে সঙ্গে সারকিট ব্রেকার খুলিয়া পড়ে (trip করে), এবং প্লাঞ্জারও তখন সেই সঙ্গে নীচে পড়িয়া যায়। এইভাবে সারকিট ব্রেকার কাজ করে। ৮৭নং চিত্রে সারকিট ব্রেকারের একটি সাধারণ নক্সা দেওয়া হইল।

৮৭নং চিত্র

যখন সারকিট ব্রেকার খুলিয়া পড়ে, তখন কন্‌ট্যাক্ট দুইটির মধ্যে খুব বেশী আগুন দেয়। ইহাতে কন্‌ট্যাক্ট দুইটি খারাপ হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে বলিয়া সারকিট ব্রেকারের উপরের দিকে দুইটি কার্বনের অথবা তামার টুকরা তামার পাতের স্প্রীংয়ের সঙ্গে এমনভাবে লাগানো থাকে যাহাতে প্রধান কন্‌ট্যাক্ট খুলিবার পরেও ঐ তামার স্প্রীং আর কার্বন দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে, আর সবশেষে ঐ কার্বনেই আগুন দিয়া সারকিট খোলে। এই ব্যবস্থার ইংরাজি নাম "অক্সিলিয়্যারি কার্বন ব্রেক্" (Auxiliary Carbon Break), আর কার্বনের টুকরা দুইটির ইংরাজি নাম "অক্সিলিয়্যারি কন্‌ট্যাক্ট"। ইহার উপকারিতা এই যে, সারকিট ব্রেকার খুলিবার সময় কেবলমাত্র কার্বনের টুকরা দুইটিতেই আগুন দেখা দেয়, মেন কন্‌ট্যাক্টে আগুন দেয় না; ফলে তাহারা উত্তাপে গলিয়া যায় না, অথচ দরকারমত কার্বনের টুকরাগুলিকে অনায়াসেই বদল করা চলে। আর এক ব্যবস্থার সাহায্যেও সারকিট ব্রেকারে আগুন দেওয়া বন্ধ করা যায়। তাহাকে "ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট" (Magnetic Blow-Out) বলে। কার্বনের টুকরা লাগানো সারকিট ব্রেকার মাঝারি আকারের বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে, আর ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট দেওয়া ব্রেকার বড় বড় উৎপাদন কেন্দ্রে ব্যবহার করা হয়।

ফিউজের দাম খুব কম, তুলনায় সারকিট ব্রেকারের দাম ঢের বেশী। কিন্তু কার্যক্ষেত্রে একটি সাধারণ ফিউজ-তারের পরিবর্তে সারকিট ব্রেকার ব্যবহার করিলে অনেক বেশী সুবিধা পাওয়া যায়। ফিউজ অপেক্ষা সারকিট ব্রেকারের যে-সকল অধিক গুণ আছে, তাহা নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল :—

(১) ফিউজ পুড়িলে আবার সেই আয়তনের আর সেই ধাতুর এক টুকরা তার দুই টার্মিন্যালের মধ্যে লাগাইয়া দিতে হয়। ইহাতে কিছুক্ষণ সময় লাগে। কিন্তু

সারকিট ব্রেকার খুলিয়া পড়িলে তাহার হাতল ধরিয়া আবার লাগাইয়া দিতে মাত্র কয়েক সেকেণ্ড সময়ের প্রয়োজন হয়, অথচ ইহাতে খরচ কিছুই নাই।

(২) আহুড় (open) ফিউজ পুড়িলে তার-গলা ধাতু সুইচ বোর্ডের নীচে ছড়াইয়া পড়ে। দাহ্য কোন জিনিস ঠিক নীচে থাকিলে তখন উহাতে আগুন ধরিয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয়। সারকিট ব্রেকারে সেই ভয় নাই।

(৩) ফিউজ পুড়িলে, যে ধাতুর ফিউজ-তার থাকে (যেমন তামা, সীসা, টিন, কিংবা ইহাদের কোন মিশ্র ধাতু) তাহার একটা গ্যাস বাহির হয়। ইহার গন্ধ অনেক সময় স্বাস্থ্যের পক্ষে ক্ষতিকারক হইতে পারে, উপবন্ধ যদি আঢ়ুড ফিউজ হয়, তবে এই গ্যাসের জন্য টার্মিন্যালে দাগ পড়ে। সারকিট ব্রেকারে এইরূপ কিছু হয় না।

(৪) যে-পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইলে ফিউজ গলিতে পারে, তাহা হিসাব করিয়া নিখুঁতভাবে ফিউজ-তার দেওয়া সম্ভব হয় না, একটা মোটামুটি আন্দাজ করা যায় মাত্র। সারকিট ব্রেকারে তড়িৎ-প্রবাহ খুব নিখুঁতভাবে ঠিক (adjust) করা যায়।

(৫) ফিউজ-তারের সাহায্যে কোন মেসিন বা কোন বর্তনীকে কেবলমাত্র অতিরিক্ত তড়িৎ-প্রবাহের হাত হইতেই রক্ষা করা চলে, কিন্তু সারকিট ব্রেকার ইহা ছাড়া অন্যান্য বিপদের হাত হইতেও মেসিনকে রক্ষা করিতে পারে। লাইনে বিদ্যুৎ সরবরাহ না থাকিলে, কিংবা সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ খুব বেশী কমিয়া গেলে, কিংবা তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত হইলে, আপনা হইতেই সারকিট ব্রেকার খুলিয়া যায়; তখন সরবরাহ লাইনের সহিত মেসিনের সংযোগও ছিন্ন হয়। এই উদ্দেশ্যে সারকিট ব্রেকারে 'ওভার লোড রিলে', 'নো-ভোল্ট রিলে', 'রিভার্স-কারেণ্ট রিলে' প্রভৃতি সংযুক্ত করা থাকে।

(৬) নিয়ন্ত্রণকারী সুইচের সাহায্যে দূরবর্তী অন্য কোন স্থান হইতে সারকিট ব্রেকার খোলা বা বন্ধ করা চলে। মেসিন পরিচালনার ক্ষেত্রে এই ব্যবস্থার দ্বারা অনেক সময় অনেক সুবিধা লাভ করা যায়, কিন্তু ফিউজ-তার ব্যবহার করিলে এই ধরনের কোন সুবিধা পাওয়ার সম্ভাবনা থাকে না।

(৫) বাস-বার

যেখানে জেনারেটার হইতে কারেণ্ট লইয়া কেবলমাত্র একটি মোটর চালাইবার, কিংবা একটি বাড়ীতে আলো দিবার, কিংবা একটি ব্যাটারি চার্জ করিবার কাজে ব্যবহার করা হয়, সেখানে লাইনের দুইটি তার শুধু সেই জায়গায় লইয়া গেলেই চলে। কিন্তু যখন জেনারেটার হইতে বিভিন্ন কাজের জন্য বিদ্যুৎ সরবরাহ লওয়ার প্রয়োজন দেখা দেয় (যেমন প্রায় সর্বত্রই হইয়া থাকে), তখন শক্তি উৎপাদন এবং নিয়ন্ত্রণ ছাড়া তাহা বিতরণ করিবার ব্যবস্থাও উৎপাদন কেন্দ্রেই (power house) করিতে হয়। উৎপাদন কেন্দ্রে যেখানে এক বা একাধিক জেনারেটার চলে, সেই ঘরের দেয়ালের দিকে "সুইচ বোর্ড" (switch board) বলিয়া পরিচিত একটি অতি প্রয়োজনীয় আসবাব থাকে। তাহাতে সামনের দিকে যেমন রেগুলেটার, ফিউজ বা সারকিট ব্রেকার, সুইচ, অ্যাম্মিটার, ভোল্টমিটার প্রভৃতি যাবতীয় যন্ত্রপাতি সাজানো থাকে,

পিছনের দিকে (উপরে একদিক হইতে অন্য দিক পর্যন্ত) তেমনি বাস-বার বলিয়া পরিচিত দুইটি (কিংবা প্রয়োজন হইলে তিনটি) তামা অথবা অ্যালুমিনিয়ামের চওড়া পাটি ইন্সুলেটারের উপরে অনুভূমিক (horizontal) অবস্থায় বসানো থাকে। যে-কয়টি ডাইনামো চলে তাহাদের প্রত্যেকটির পজিটিভ লাইনের তার একটি বাস-বারে আর নেগেটিভ লাইনের তার অন্য একটি বাস-বারে বল্টুর (bolt) সাহায্যে ভালভাবে আটকানো থাকে। ইহাদের যথাক্রমে পজিটিভ বাস-বার ও নেগেটিভ বাস-বার বলা হয়। সুতরাং একসঙ্গে যতগুলি ডাইনামো চলে, তাহা হইতে তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া পজিটিভ বাস-বারে আসিয়া একত্রিত হয়। আবার যে লাইন দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বাহিরের বর্তনীতে যায়, তাহার পজিটিভ তারও ঐ একই পজিটিভ বাস বারের সঙ্গে আর নেগেটিভ তার ঐ একই নেগেটিভ বাস-বারের সঙ্গে লাগানো থাকে। এই সব লাইনকে ইংরাজিতে "ফীডার" (feeder) বলে। ফীডারের এইরূপ সংযোগের ফলে সবকয়টি জেনারেটার হইতে তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া পজিটিভ বাস-বারে আসিয়া সেখান হইতে ভিন্ন ভিন্ন ফীডারের পজিটিভ তারে যায়, আর ফীডাবেব নেগেটিভ তাব দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পুনরায় নেগেটিভ বাস-বারে ফিরিয়া আসিয়া জেনারেটারের নেগেটিভ লাইন দিয়া নিজের নিজেব বর্তনী সম্পূর্ণ করে। জেনারেটাবের এইরূপ সংযোগকেই "প্যার্যালেল সংযোগ" বলে।

সুইচ বোর্ডের পিছনে বাস-বার, তড়িৎ-বাহী তার এবং অন্যান্য যে-সকল আসবাব থাকে তাহাদের সহজে চিনিবার জন্য পজিটিভ-দিকের সমস্ত তার ও তড়িৎ-বাহী অংশ সাধারণতঃ লাল রংয়ের দ্বারা আর নেগেটিভ-দিকের সমস্ত তার ও তড়িৎ-বাহী অংশ সাধারণতঃ নীল রংয়ের দ্বারা রং করা থাকে। ইহা ছাড়া কার্যক্ষেত্রে এমন কতকগুলি জায়গা পাওয়া যায় যাহাদেব ঠিক পজিটিভের অন্তর্গতও বলা চলে না, আবার নেগেটিভের অন্তর্গতও বলা চলে না। এমন জায়গায় ধূসর কিংবা কাল রং ব্যবহার করাই প্রচলিত নিয়ম। ইহাতে কোন্ অংশ পজিটিভ আব কোন্ অংশ নেগেটিভ, তাহা দেখামাত্র ধরা পড়ে। যে-সকল জায়গায় অনেক সংযোগ একত্র করা থাকে, সেখানে এই পদ্ধতিতে রং করা থাকিলে কাজের অনেক সুবিধা হয়, আর সেই সঙ্গে বিপদের সম্ভাবনাও হ্রাস পায়।

একাধিক জেনারেটার একত্রে পরিচালন

দুই বা ততোধিক জেনারেটার একত্রে পরিচালনা করিতে হইলে তাহাদের পরস্পরের সঙ্গে সিরিজেও সংযুক্ত করা যায়, আবার প্যার্যালেলেও সংযুক্ত করা চলে। তবে কার্যক্ষেত্রে একাধিক জেনারেটার সিরিজে সংযুক্ত করিয়া পরিচালনা করা হয় কদাচিৎ। জেনারেটার সিরিজে সংযুক্ত করিলেই পরিচালনার ব্যাপারে কতকগুলি অসুবিধা দেখা দেয়, যে অসুবিধাগুলি জেনারেটার প্যার্যালেলে সংযুক্ত থাকিলে দেখা যায় না। সেইজন্য কেবলমাত্র বিশেষ ধরনের দুই-একটি কাজে কখন কখন একাধিক সান্ট বা সিরিজ জেনারেটার একত্রে সিরিজে পরিচালিত হইলেও সাধারণভাবে উৎপাদন কেন্দ্র-গুলিতে জেনারেটারসমূহ প্যার্যালেলেই পরিচালিত হইয়া থাকে। জেনারেটার সিরিজে

চালাইতে গেলে যে-সকল অসুবিধার সম্মুখীন হইতে হয়, নিম্নে তাহাদের সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল :—

(১) যখন একাধিক জেনারেটার সিরিজে সংযুক্ত থাকে, তখন একটি জেনারেটারের বর্তনী অপরটির বর্তনী হইতে আলাদা থাকে না, সবকয়টি জেনারেটার একত্র হইয়া তড়িৎ-প্রবাহের বর্তনী সম্পূর্ণ করে। তাই যদি কোন একটি জেনারেটারে গণ্ডগোল দেখা দেয়, তবে বাকী মেসিনগুলিও অচল হইয়া পড়ে।

(২) লোড-সারকিটে তড়িৎ-শক্তির চাহিদা সর্বদা সমান থাকে না ; লোড কমিলে শক্তির চাহিদা কমে, আবার লোড বাড়িলে শক্তির চাহিদাও বৃদ্ধি পায়। কিন্তু লোড ঠিকভাবে পরিচালনা করিতে হইলে উহার সকল অবস্থাতেই লাইনের ভোল্টেজ অপরিবর্তিত থাকা প্রয়োজন। অথচ সিরিজে সংযোগের ফলে লাইনের ভোল্টেজ সবকয়টি জেনারেটারের প্রান্তিক চাপের সমষ্টির সমান হয়। সেইজন্য তড়িৎ-শক্তির চাহিদা যাহাই হউক না কেন, সিরিজে সংযুক্ত জেনারেটারের সবকয়টিকেই সর্বদা চালু অবস্থায় রাখা দরকার, প্রয়োজনমত তাহাদের সংখ্যা হ্রাস বা বৃদ্ধি করা চলে না।

জেনারেটার প্যারালেলে চালাইতে গেলে কিন্তু উপরি-উক্ত অসুবিধাগুলির একটিরও সম্মুখীন হইতে হয় না। তাই সচরাচর একাধিক জেনারেটার একত্রে প্যারালেলেই পরিচালনা করা হইয়া থাকে।

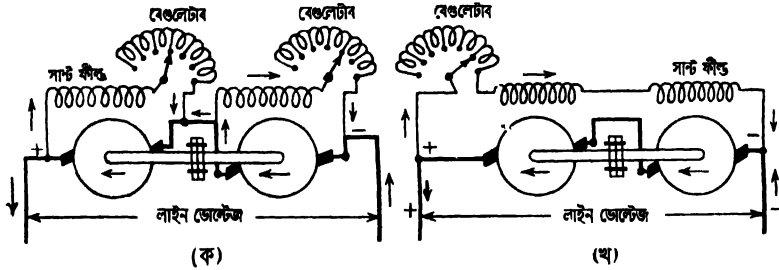
৫-৫। একাধিক ডি. সি. জেনারেটার সিরিজে পরিচালন (Series Operation of D. C. Generators)

যে দুই-একটি বিশেষ ধরনের কাজে তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করিবার জন্য একাধিক ডি. সি. জেনারেটার সিরিজে সংযুক্ত করিয়া পরিচালনা করা প্রয়োজন হয়, তাহাদের সম্বন্ধে প্রথমে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইতেছে। সাধারণতঃ সাণ্ট এবং সিরিজ জেনারেটারকেই সিরিজে ব্যবহার করিবার জন্য নির্বাচন করা হইয়া থাকে, কম্পাউণ্ড জেনারেটারের এইরূপ ব্যবহার সচরাচর দেখা যায় না।

(১) সাণ্ট জেনারেটার সিরিজে পরিচালন (Series Operation of Shunt Generators)

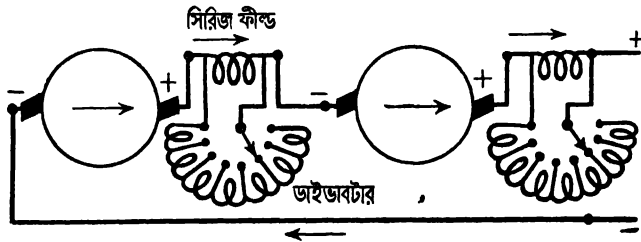
যদি জেনারেটারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা বেশী ভোল্টেজ লাইনে প্রয়োজন হয়, তবে একাধিক সাণ্ট জেনারেটার সিরিজে ব্যবহার করা যাইতে পারে। এইরূপ ক্ষেত্রে একই ভোল্টেজের দুইটি জেনারেটার ব্যবহার করা চলে, আবার মেসিন দুইটি বিভিন্ন ভোল্টেজেরও হইতে পারে। যেখানে এইভাবে কাজ হয়, সেখানে ডাইনামো দুইটির শাফ্ট কাপলিং (Coupling)-এর সাহায্যে একত্র জুড়িয়া ইঞ্জিন অথবা অন্য কোন প্রাইম মুভারের সাহায্যে ঘুরানো হয়, আর তাহাদের আর্মেচার পরস্পরের সঙ্গে সিরিজে যুক্ত থাকে। মে সনগুলির ফীল্ড-কয়েল দুইভাবে আর্মেচারের সহিত সংযুক্ত করা যায়। ইহা ৮৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ৮৮(ক)নং চিত্রে দুইটি জেনারেটারের আর্মেচারই কেবলমাত্র সিরিজে যুক্ত আছে, তাহাদের ফীল্ড নিজের নিজের আর্মেচার হইতে উত্তেজন পাইতেছে—এইরূপ দেখানো হইয়াছে। এই ব্যবস্থায় দুইটি রেগুলেটার

ব্যবহার করা প্রয়োজন। আর ৮৮(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, জেনারেটার দুইটির আর্মেচারের ন্যায় ফীল্ড-কয়েলও পরস্পরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত আছে। এইরূপ সংযোগের ক্ষেত্রে একটিমাত্র রেগুলেটার ব্যবহার করিলেই চলে। এখন, এই দুই

দুইটি সান্ট জেনারেটারের সিরিজে সংযোগ
৮৮নং চিত্র

রকম উপায়ের সুবিধা-অসুবিধার কথা বলা হইতেছে। কাজ দুইয়েতেই চলে, তবে (ক) চিত্রে প্রদর্শিত সংযোগ অপেক্ষা (খ) চিত্রে প্রদর্শিত সংযোগের সাহায্যে বেশী সুবিধা পাওয়া যায়।

মনে কর, দুইটি জেনারেটারই অনুরূপ আকৃতির (size) এবং সকল বিষয়েই তাহারা এক রকম। এখন, (ক) চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে সেইভাবে সংযোগ করিলে মেসিন পরিচালনার সময় যদি জেনারেটার দুইটির ফীল্ডের উত্তেজন এমন থাকে যে, প্রত্যেক মেসিনে লাইন-ভোল্টেজের অর্ধেক পরিমাণ তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তবে মেসিন ঠিকভাবে চলিবে। আর যদি কোন একটি জেনারেটারের ফীল্ডের উত্তেজন সামান্য মাত্রও কম হয়, তবে সেই মেসিনে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কম হইবে। ইহাতে ঐ জেনারেটারের ফীল্ড দিয়া কিছু কম কারেণ্ট প্রবাহিত হইবে, ফলে ফীল্ডের উত্তেজন আরও কমিবে এবং সেই সঙ্গে মেসিনে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ পুনরায় হ্রাস পাইবে। এইভাবে উত্তেজন আর চাপের একের উপর অন্যের প্রতিক্রিয়ার দ্বারা জেনারেটার বাহিরের বর্তনীতে যে তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করে তাহার পরিমাণ উত্তরোত্তর কমিতে থাকিবে, এবং একই সঙ্গে ইহার ফলস্বরূপ অন্য জেনারেটারটির উপর উত্তরোত্তর অতিরিক্ত লোড পড়িতে আরম্ভ করিবে। কিছুক্ষণের মধ্যেই হয়তো দেখা যাইবে যে, প্রথম মেসিনটির ফীল্ডের চুম্বকত্ব একেবারে নষ্ট হইয়া গিয়াছে, এমন কি এই চুম্বকত্ব হয়তো বিপরীত দিকেই উৎপাদিত হইয়াছে। এই রকম অবস্থায় তখন মেসিন বন্ধ করিয়া দিতে হইবে। কিন্তু যদি (খ) চিত্রের অনুরূপ সংযোগ করা যায়, তবে এই দোষ কিছুতেই হইতে পারে না। এইভাবে সংযোগ করিলে উভয় জেনারেটারের ফীল্ড-কয়েল দিয়া একই তড়িৎ প্রবাহিত হয় বলিয়া উভয়েই সমানভাবে উত্তেজন লাভ করিতে বাধ্য থাকে। আর যেহেতু মেসিন দুইটির আর্মেচারও পরস্পরের সঙ্গে কাপলিং দিয়া আঁটা, অতএব তাহারা একই গতিবেগে ঘোরে। সুতরাং উভয় মেসিনে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কখন অসমান হইতে পারে না।

(২) সিরিজ জেনারেটার সিরিজে পরিচালন (Series Operation of Series Generators)

একাধিক সিরিজ জেনারেটার সিরিজে সংযুক্ত করিয়া পরিচালনা করিলে কাজ বেশ ভালভাবেই চলে। সিরিজে সংযোগের ফলে লাইনের ভোল্টেজ সবকয়টি জেনারেটারের প্রান্তিক চাপের সমষ্টির সমান হয়। কিন্তু এই ব্যবস্থায় লাইনের তড়িৎ-প্রবাহ কম বা বেশী করা যায় না। লাইনের কারেণ্ট কম বা বেশী করিতে গেলে প্রত্যেক জেনারেটার দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের পরিমাণও কম বা বেশী হয়, আর তাহা সিরিজ জেনারেটারের বিশিষ্টতার বিপরীত হইয়া দাঁড়ায়। সিরিজ ডাইনামোকে "কন্‌স্ট্যাণ্ট কারেণ্ট জেনারেটার" (Constant Current Generator) বলা হয়। তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ কম-বেশী করিতে হইলে ডাইভারটারের সাহায্যে জেনারেটারের ভোল্টেজ কম-বেশী করিয়া মোট শক্তির পরিমাণ কম বা বেশী করা যায়, কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ সমান রাখা থাকে। যখন সিরিজে সংযুক্ত একাধিক আর্ক ল্যাম্পের (arc lamp) সাহায্যে রেল স্টেশন, ষ্টিমারের জেটি, কারখানার খোলা জায়গা প্রভৃতি স্থানে আলোর ব্যবস্থা করা হয়, তখন এই সকল বাতি জ্বালাইবার জন্য দুই বা ততোধিক সিরিজ ডাইনামো সিরিজে চালাইয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হইয়া থাকে। দুইটি সিরিজ ডাইনামো পরস্পরের সহিত কিরূপে সিরিজে সংযুক্ত থাকে, তাহা ৮৯নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

দুইটি সিরিজ ডাইনামোর পরস্পরের সহিত সিরিজে সংযোগ
৮৯নং চিত্র

ইউরোপের কোন কোন জায়গায় অনুবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে ৫০,০০০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপে এক স্থান হইতে অন্য স্থানে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রেরণ করিবার ব্যবস্থা প্রচলিত আছে। সেখানে কয়েকটি সিরিজ জেনারেটার একত্রে সিরিজে পরিচালনা করিয়া এই উচ্চ তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করা হয়, এবং বৈদ্যুতিক শক্তি প্রেরণ করিবার সময় তড়িৎ-প্রবাহ সর্বদা সমান রাখা থাকে। ইহাকে "থুরী পদ্ধতি" (Thury System) বলে। এই পদ্ধতির ব্যবহার আজকাল অবশ্য বিশেষ দেখা যায় না।

৫-৬। ডি. সি. জেনারেটার প্যার‍্যালেলে পরিচালন (Parallel Operation of D. C. Generators)

লোড-সারকিটে যে পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তির চাহিদা থাকে, তাহার সমস্তটা একটি-মাত্র বড় জেনারেটারের সাহায্যে উৎপন্ন না করিয়া অধিকাংশ উৎপাদন কেন্দ্রেই

অপেক্ষাকৃত ছোট ছোট কয়েকটি জেনারেটার একত্রে প্যার‍্যালেলে পরিচালনা করিয়া উৎপন্ন করা হয়। ইহার কারণসমূহ নিম্নে দেওয়া হইল :—

(১) একটি বড় জেনারেটার অপেক্ষা অনেকগুলি ছোট ছোট জেনারেটার অনেক বেশী নির্ভরযোগ্য, কারণ ছোট মেসিনগুলির কোন একটি বিকল হইয়া গেলে বিদ্যুৎ সরবরাহ সম্পূর্ণরূপে বন্ধ হইয়া যায় না।

(২) লোড-সারকিটে বৈদ্যুতিক শক্তির চাহিদা সর্বদা সমান থাকে না, কখন বাড়ে, কখন কমে। যদি একাধিক জেনারেটার প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত থাকে, তবে শক্তির চাহিদা বৃদ্ধি পাইলে অধিক সংখ্যক মেসিন চালু রাখা যায়, আবার শক্তির চাহিদা কমিয়া গেলে দুই-একটি মেসিনকে বন্ধ রাখিয়া বিশ্রাম দেওয়া চলে। ইহাতে প্রত্যেকটি মেসিনে সর্বদাই পূরা লোড পড়ে, আর উৎপাদন কেন্দ্রের কর্মক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। তড়িৎ-শক্তি উৎপাদনের খরচও সেই সঙ্গে বেশ কিছুটা কমিয়া যায়।

(৩) উৎপাদন কেন্দ্রে যদি একাধিক জেনারেটার থাকে, তবে কোন একটি মেসিনে গোলযোগ দেখা দিলে তাহা খুব সহজেই সারানো যায়।

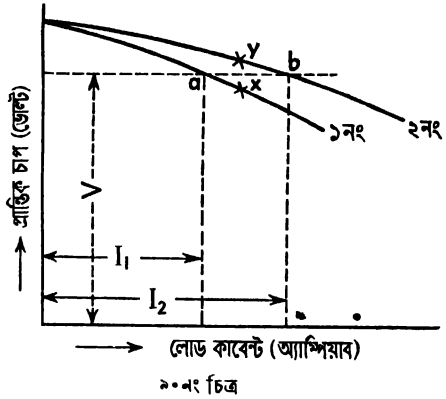
(৪) লোড-সারকিটের যত প্রসার ঘটে, উৎপাদন কেন্দ্রে ততই বেশী সংখ্যক জেনারেটার সংস্থাপন করা চলে।

(৫) উৎপাদন কেন্দ্রে কেবলমাত্র একটি জেনারেটার থাকিলে লোড-সারকিটে শক্তির চাহিদা অনেক সময়েই উৎপাদিত শক্তির পরিমাণ অপেক্ষা বেশী হইয়া দাঁড়াইতে পারে।

(১) সাণ্ট জেনারেটার প্যার‍্যালেলে পরিচালন (Parallel Operation of Shunt Generators)

লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে প্রান্তিক চাপ কমিতে আরম্ভ করে (drooping characteristic) বলিয়া সাণ্ট জেনারেটার প্যার‍্যালেলে পরিচালনা করিবার পক্ষে অতিশয় উপযোগী। ৯০নং চিত্রে দুইটি সাণ্ট জেনারেটারের বিশিষ্টতা-রেখা যথাক্রমে ১নং রেখা ও ২নং রেখা হিসাবে চিহ্নিত করিয়া দেখানো হইয়াছে। এই রেখা দুইটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, লোডশূন্য অবস্থায় উভয় মেসিনের ভোল্টেজ সমান থাকিলেও সমপরিমাণ লোড বৃদ্ধি পাইলে ১নং জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ ২নং জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ অপেক্ষা অধিক হ্রাস পায়। এখন, যদি জেনারেটার দুইটি প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত করিয়া চালানো যায়, তবে তাহাদের প্রান্তিক চাপ অবশ্যই সমান থাকিবে। মনে কর, এই চাপের পরিমাণ V-ভোল্ট, এবং ১নং জেনারেটার বিশিষ্টতা-রেখার a-বিন্দুতে পরিচালিত হইয়া I_1-অ্যাম্পিয়ার ও ২নং জেনারেটার বিশিষ্টতা-রেখার b-বিন্দুতে পরিচালিত হইয়া I_2-অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট সরবরাহ করিতেছে। I_2 অপেক্ষা I_1 অবশ্যই পরিমাণে কম হইবে।

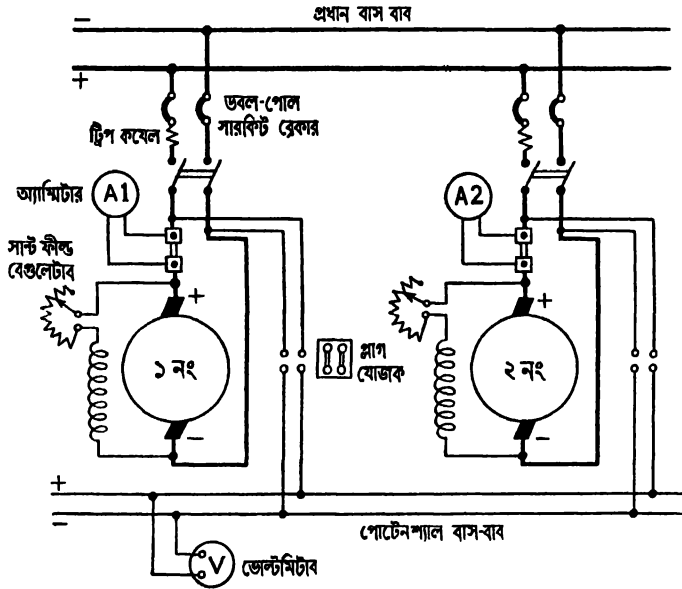
এইবার মনে কর, পরিচালন ব্যবস্থায় সাময়িকভাবে এমন কোন অবস্থার সৃষ্টি হইল যাহাতে ১নং জেনারেটার, তাহার পক্ষে যে পরিমাণ কারেণ্ট সরবরাহ করা উচিত, তাহা অপেক্ষা অধিক কারেণ্ট সরবরাহ করিতে আরম্ভ করিল। প্রাইম মুভারের গতিবেগ

সাময়িকভাবে বৃদ্ধি পাইলে, কিংবা বর্তনীতে লোডের অকস্মাৎ পরিবর্তন ঘটিলে, এই অবস্থার সৃষ্টি হইতে পারে। কিন্তু স্বাভাবিক অবস্থা ফিরিয়া আসিবার পরেও যদি ১নং জেনারেটার অধিক পরিমাণ কারেণ্ট সরবরাহ করিতে থাকে, তবে উহা বিশিষ্টতা-রেখার *a*-বিন্দুতে পরিচালিত না হইয়া *x*-বিন্দুতে পরিচালিত হইবে এবং উহার প্রান্তিক চাপ আরও কমিয়া যাইবে, তখন এই মেসিন আপনা হইতেই কম কারেণ্ট সরবরাহ করিতে আরম্ভ করিবে। তাহা ছাড়া, বর্তনীতে লোডের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া ১নং জেনারেটার যখন অধিক পরিমাণ কারেণ্ট সরবরাহ করিতে আরম্ভ করে, ২নং জেনারেটার তখন অপেক্ষাকৃত কম কারেণ্ট সরবরাহ করে, ফলে ২নং মেসিন বিশিষ্টতা-রেখার *b*-বিন্দুতে পরিচালিত না হইয়া *y*-বিন্দুতে পরিচালিত হইবে, এবং প্রান্তিক চাপ বৃদ্ধি পাওয়াতে এই মেসিন তখন অধিক পরিমাণ কারেণ্ট সরবরাহ করিতে বাধ্য হইবে। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, কোন একটি জেনারেটার তাহার পক্ষে যে পরিমাণ কারেণ্ট সরবরাহ করা উচিত, তাহা অপেক্ষা যখন অধিক কারেণ্ট সরবরাহ করিতে উদ্যত হয়, তখন ভোল্টেজের এমন পরিবর্তন দেখা দেয় যে, মেসিনের সেই উদ্যম বাধা পায়। সেইজন্য প্যারালেলে সংযুক্ত থাকিলে সাণ্ট জেনারেটার "স্থায়ী সাম্যাবস্থায়" (stable equilibrium) পরিচালিত হয়, এইরূপ বলা হইয়া থাকে। পরিচালনার সময় যে-সকল বিভিন্ন ধরনের প্রতিক্রিয়া দেখা দেয়, তাহাই মেসিনগুলিকে সঠিকভাবে প্যারালেলে ধরিয়া রাখে। তাহা ছাড়া, বর্তনীতে লোডের পরিমাণ কম বা বেশী হইলে প্রত্যেক মেসিনই কিছু পরিমাণ কম বা বেশী কারেণ্ট সরবরাহ করিতে থাকে।

৯০নং চিত্র

(২) একাধিক সাণ্ট জেনারেটারের প্যারালেলে সংযোগ (Connections of Shunt Generators in Parallel)

যেখানেই সাণ্ট জেনারেটারের সাহায্যে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন করা হয়, সেখানেই সাধারণতঃ দুই বা ততোধিক মেসিন একত্রে প্যারালেলে পরিচালনা করা হইয়া থাকে। সবকয়টি জেনারেটারই যে সমান ক্ষমতাসম্পন্ন হইবে এমন কোন নিয়ম নাই, তবে প্রত্যেক মেসিনের প্রান্তিক চাপ অবশ্যই লাইন-ভোল্টেজের সমান হইতে হইবে। প্যারালেলে পরিচালনা করিবার জন্য দুইটি সাণ্ট জেনারেটারের সংযোগ কিরূপ হওয়া উচিত, তাহা ৯১নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। প্রত্যেকটি জেনারেটারের একটি করিয়া নিজস্ব অ্যাম্মিটার থাকা প্রয়োজন, কিন্তু সমগ্র উৎপাদন কেন্দ্রে একটিমাত্র

ভোল্টমিটার থাকিলেই কাজ চলে। প্রত্যেক মেসিনের পজিটিভ লাইনের তার সুইচ, অ্যাম্মিটার ও সারকিট ব্রেকার হইয়া পজিটিভ বাস-বারে আর নেগেটিভ লাইনের তার সুইচ ও সারকিট ব্রেকার হইয়া নেগেটিভ বাস-বারে সংযুক্ত থাকে। এই দুই বাস-বার উৎপাদন কেন্দ্রের প্রধান বাস-বার রূপে পরিচিত। কিন্তু ভোল্ট-

প্যারালেলে পরিচালনার জন্য সান্ট জেনারেটারের সংযোগ
৯১নং চিত্র

মিটার সংযুক্ত থাকে আরও এক জোড়া অপেক্ষাকৃত সরু বাস-বারের মধ্যে। ইহাকে "পোটেন্‌শ্যালবাস-বার" (potential bus-bars) বলে। জেনারেটারগুলির প্রত্যেকটিকে আলাদা আলাদা ভাবে "প্লাগ যোজক" (plug connector)-এর দ্বারা অথবা "সিলেক্‌টিভ সুইচ" (selective switch)-এর সাহায্যে ভোল্টমিটার বা পোটেন্‌শ্যাল বাস-বারের সহিত সংযুক্ত করা চলে। এই প্রথায় ভিন্ন ভিন্ন জেনারেটারকে উহার নিজস্ব ইঞ্জিন দিয়া চালানো হয়।

এখন মনে কর, ২নং জেনারেটার বন্ধ অবস্থায় আছে, আর ১নং জেনারেটার চালু থাকিয়া লোড সারকিটের চাহিদা অনুযায়ী বৈদ্যুতিক শক্তির সমস্তটাই সরবরাহ করিতেছে। কিন্তু লোড বেশী হওয়ায় এইবার উৎপাদন কেন্দ্রে ২নং মেসিনকে চালু করিয়া ১নং-এর সহিত প্যারালেলে সংযুক্ত করিবার প্রয়োজন দেখা দিল। তখন নিম্নলিখিত পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হইবে :—

প্রথমে ২নং জেনারেটারের প্রাইম মুভারকে চালু করিয়া মেসিনটিকে উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরাইতে হইবে। এই সময় জেনারেটারের সুইচ খোলা থাকিবে, আর উহার

রেগুলেটারের হাতল এমনভাবে রাখা থাকিবে যাহাতে রেগুলেটারের পূরা রেজিস্ট্যান্স ফীল্ড-সারকিটে যুক্ত হইয়া ফীল্ড দিয়া সর্বাপেক্ষা কম কারেন্ট পাঠাইতে পারে। জেনারেটার উপযুক্ত বেগে ঘুরিতেছে কিনা, তাহা ট্যাকোমিটার দিয়া দেখিয়া লইয়া দরকার-মত ইঞ্জিনের গতিবেগ কম বা বেশী করিয়া দিতে হইবে। এখন যদি জেনারেটারকে পোটেন্শ্যাল বাস-বারের সহিত সংযুক্ত করা যায়, তবে ভোল্টমিটারে কিছু ভোল্টেজ দেখাইবে। তখন রেগুলেটারের হাতল একটু একটু করিয়া ঘুরাইয়া উহার রেজিস্ট্যান্স কম করিতে আরম্ভ করিলে ২নং জেনারেটারের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে, এবং ক্রমে সেই চাপ বাস-বার ভোল্টেজের সমান হইয়া দাঁড়াইবে। ইহাই মেসিনের সুইচ মারিবার উপযুক্ত সময়। এই সময় ২নং-এর সুইচ এবং সারকিট ব্রেকার বন্ধ করিয়া দিলেই মেসিনটি ১নং জেনারেটারের সহিত প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত হইবে। কিন্তু ২নং জেনারেটারের আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বাস-বার ভোল্টেজের সমান থাকায়, আর দুই বিন্দুর তড়িৎ বিভব সমান হইলে তাহাদের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে পারে না বলিয়া, এই অবস্থায় ২নং জেনারেটারে কোন লোড পড়িবে না। তখন জেনারেটারটি বাস-বারের উপর "ভাসমান" বা "ফ্লোটিং" (floating) অবস্থায় আছে, এইরূপ বলা হইবে। যদি এই জেনারেটারকে লোড-সারকিটে তড়িৎ সরবরাহ করিতে হয়, তবে উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপকে বাস-বারের ভোল্টেজ অপেক্ষা অবশ্যই বেশী হইতে হইবে। সেইজন্য ধীরে ধীরে রেগুলেটারের হাতল ঘুরাইয়া ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স আরও কম করিতে হইবে, আর তখন একটু একটু করিয়া ২নং মেসিনের ফীল্ডের উত্তেজন বৃদ্ধি পাইতে থাকায় ঐ মেসিনের লোডের পরিমাণও বৃদ্ধি পাইবে। একই সঙ্গে যদি ১নং জেনারেটারের ফীল্ডের উত্তেজন কমানো এবং ২নং জেনারেটারের ফীল্ডের উত্তেজন বাড়ানো যায়, তবে আরও সহজে ২নং মেসিনে লোড দেওয়া চলে। ইহাতে ২নং মেসিনের প্রান্তিক চাপ বাস-বার ভোল্টেজের সমানই থাকে, কেবল উহা বাহিরের বর্তনীতে যে কারেন্ট সরবরাহ করে, তাহার পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। এই অবস্থা মেসিনগুলির অ্যাম্মিটারের নির্দেশ হইতেই জানা যাইবে—অ্যাম্মিটার (A_1)-এর নির্দেশ (reading) ধীরে ধীরে কমিতে থাকিবে, আর একই সঙ্গে অ্যাম্মিটার (A_2)-এর নির্দেশ ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পাইবে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, একাধিক জেনারেটার যখন প্যার‍্যালেলে চলে, তখন কোন্ মেসিন কত লোড লইবে, তাহা সম্পূর্ণরূপে নির্ভর করে সেই মেসিনের ফীল্ড-কারেন্টের উপর। ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহ বৃদ্ধি পাইলেই জেনারেটার পূর্বাপেক্ষা অধিক লোড গ্রহণ করে, আর ফীল্ডের কারেন্ট কমিয়া গেলে সঙ্গে সঙ্গে লোডের পরিমাণও কমিয়া যায়। সুতরাং কেবলমাত্র ফীল্ডের উত্তেজনকে নিয়ন্ত্রণ করিয়াই প্যার‍্যালেলে পরিচালিত দুইটি জেনারেটারের মধ্যে ইচ্ছানুযায়ী সমগ্র লোডকে ভাগ করিয়া দেওয়া যাইতে পারে, অর্থাৎ প্রয়োজনমত কোন একটি মেসিনে অধিক লোড আর অন্য একটি মেসিনে অপেক্ষাকৃত কম লোড দেওয়া চলে।

একাধিক মেসিন যখন প্যার‍্যালেলে চলিতে থাকে, তখন তাহাদের মধ্যে কোন একটি মেসিনকে বন্ধ করিতে হইলে চালু করার বিপরীত পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয়। মনে কর, বর্তনীর সমস্ত লোড ২নং জেনারেটারের উপর দিয়া এইবার ১নং জেনারেটারকে বন্ধ করিতে হইবে। এই কাজে প্রথমে রেগুলেটারের হাতল ঘুরাইয়া ধীরে ধীরে ১নং মেসিনের ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স বাড়াইতে হইবে। ইহাতে ১নং-এর উত্তেজন কমিয়া আসিবে, আর সঙ্গে সঙ্গে অ্যাম্মিটার (A_1)-এর কাঁটা শূন্যমানের দিকে সরিতে থাকিবে। কিন্তু বর্তনীতে লোডের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকায় একই সঙ্গে অ্যাম্মিটার (A_2)-এর নির্দেশ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করিবে। এই সময় ২নং জেনারেটারের উত্তেজন একটু একটু করিয়া বাড়াইয়া দিলে আরও ভাল কাজ পাওয়া যাইবে। যখন (A_1) এর কাঁটা শূন্যমানে আসিয়া দাঁড়াইবে, তখন ১নং মেসিনের সুইচ খুলিতে হইবে।

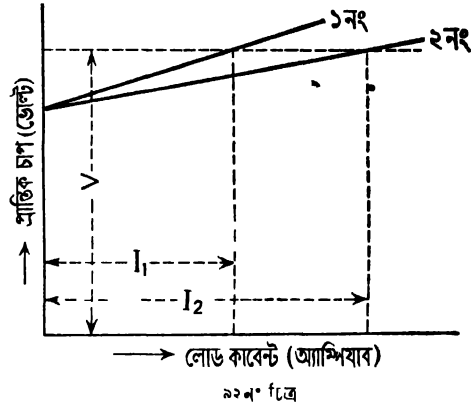
অ্যাম্মিটারে যতক্ষণ কারেণ্ট দেখায়, ততক্ষণ জেনারেটারের সুইচ খোলা উচিত নহে। ঐ সময় সুইচ খুলিলে সুইচের কন্ট্যাক্টে আগুন দেয়। প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত একাধিক জেনারেটারের মধ্যে কোন একটিকে যখন বন্ধ করিবার প্রয়োজন দেখা দেয়, তখন সর্বদাই উহার উত্তেজনকে কমাইয়া তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ শূন্যমানে আনিয়া দাঁড় করাইতে হয়। তাহা না করিয়া যদি কেহ মেসিনের সুইচ খুলিতে যায়, তবে সুইচের কন্ট্যাক্টে ভীষণভাবে আগুন দেয়। শুধু তাহাই নহে। অকস্মাৎ অধিক পরিমাণ লোড তখন অন্য চালু মেসিনের উপর আসিয়া পড়ে বলিয়া সেই মেসিনের প্রাইম মুভার (অর্থাৎ পরিচালক ইঞ্জিন) গুরুতর আঘাত পায় এবং সমগ্র উৎপাদন ব্যবস্থায় এক বিপর্যয় দেখা দেয়।

সুইচ খুলিবার পরে প্রথমে রেগুলেটারের হাতল আরও ঘুরাইয়া ১নং জেনারেটারের ফীল্ড-সারকিটে পূরা রেজিস্ট্যান্স যোগ করিতে হইবে, পরে ইঞ্জিন বন্ধ করিয়া দিলেই মেসিন সম্পূর্ণ বিশ্রাম পাইবে।

প্যার‍্যালেলে পরিচালিত সাণ্ট জেনারেটারগুলির মধ্যে লোডকে সকল অবস্থাতেই যাহাতে সুষ্ঠুভাবে বণ্টন করা যায়, সেইজন্য সবকয়টি মেসিনের বিশিষ্টতা-রেখা এক রকম হওয়া প্রয়োজন এবং লোডশূন্য অবস্থা হইতে পূরা লোড পর্যন্ত সকল মেসিনেই তড়িৎ-চাপের পতন সমান হওয়া আবশ্যক।

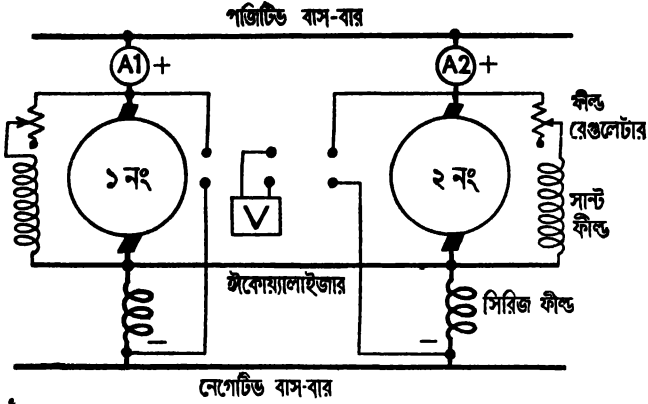
(৩) কম্পাউণ্ড জেনারেটার প্যার‍্যালেলে পরিচালন (Parallel Operation of Compound Generators)

প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত দুইটি কম্পাউণ্ড জেনারেটারের বিশিষ্টতা-রেখা ৯২নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। মেসিন দুইটির পজিটিভ টার্মিন্যাল পজিটিভ বাস-বারে এবং নেগেটিভ টার্মিন্যাল নেগেটিভ বাস-বারে সংযুক্ত আছে, আর উভয় মেসিনই উপযুক্ত লোডসহ পরিচালিত হইতেছে।

এখন মনে কর. কোন কারণে ১নং জেনারেটার অধিক পরিমাণ লোড লইতে আরম্ভ করিল, অর্থাৎ এই মেসিন বাস-বারে পূর্বাপেক্ষা অধিক কারেন্ট সরবরাহ করিতে সুরু করিল। ইহাতে ১নং মেসিনের সিরিজ ফীল্ড অবশ্যই বেশী উত্তেজন পাইবে, এবং উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইয়া এই মেসিনকে আরও বেশী লোড লইতে বাধ্য করিবে। অপরদিকে সমগ্র লোডের পরিমাণ কম বা বেশী হওয়ার কোন কারণ না থাকায় হিসাবমতই ২নং জেনারেটারের লোড কমিতে আরম্ভ করিবে; ফলে এই মেসিনের সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন ও সেই সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কমিয়া গিয়া উহার লোড আরও কমাইয়া দিবে। কিছুক্ষণের মধ্যেই বাহিরের সমস্ত লোড ১নং জেনারেটারের ঘাড়ে আসিয়া পড়িবে, আর ২নং জেনারেটার হইতে লোড আপনা আপনি সরিয়া যাইবে। কেবল তাহাই নহে, ২নং মেসিনের ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত হইয়া উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপকেও বিপরীতমুখী করিবে। তখন ঐ মেসিন মোটর হিসাবে চলিতে চেষ্টা করিবে, আর তাহার পরের মুহূর্তে অন্ততঃপক্ষে একটি মেসিনের সারকিট ব্রেকার খুলিয়া যাইবে। এই কারণেই সাধারণভাবে প্যারালেলে সংযুক্ত থাকিলে কম্পাউণ্ড জেনারেটার "অস্থায়ী সাম্যাবস্থায়" (unstable equilibrium) পরিচালিত হয়, এইরূপ বলা হইয়া থাকে, অর্থাৎ প্যারালেলে চলিবার সময় কোন কারণে যদি একটি কম্পাউণ্ড জেনারেটার উহার সাম্যাবস্থা হইতে সরিয়া যায়, তবে তাহার ফলস্বরূপ যে-সকল প্রতিক্রিয়ার উদ্ভব হয়, তাহা মেসিনকে আরও বেশী অস্থায়ী অবস্থার দিকে ঠেলিয়া দেয়।

৯২নং চিত্র

কম্পাউণ্ড জেনারেটার সঠিকভাবে প্যারালেলে চালাইতে হইলে সবকয়টি মেসিনের সিরিজ ফীল্ডকে একটি অতিরিক্ত বাস-বারের সাহায্যে প্যারালেলে সংযুক্ত করিয়া দিতে হয়। এই বাস-বারকে ইংরাজিতে **"ঈকোয়্যালাইজিং বাস-বার" (Equalizing Bus-bar)** বা **"ঈকোয়্যালাইজার" (Equalizer)** বলে। ৯৩নং চিত্রে এই সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এইরূপ সংযোগের ফলে দুইটি জেনারেটারের মধ্যে কোন একটি যদি পূর্বাপেক্ষা অধিক লোড লয়, তবে উহার আর্মেচার যে অতিরিক্ত কারেন্ট বাস-বারে পাঠাইতে শুরু করে, তাহার সমস্তটা কেবলমাত্র ঐ মেসিনের সিরিজ ফীল্ড দিয়াই প্রবাহিত হইতে পারে না। অতিরিক্ত তড়িৎ-প্রবাহের কিছু অংশ তখন ১নং জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ড দিয়া, আর বাকী অংশ ২নং জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ড দিয়া, প্রবাহিত হয়। ফলে উভয় জেনারেটারের

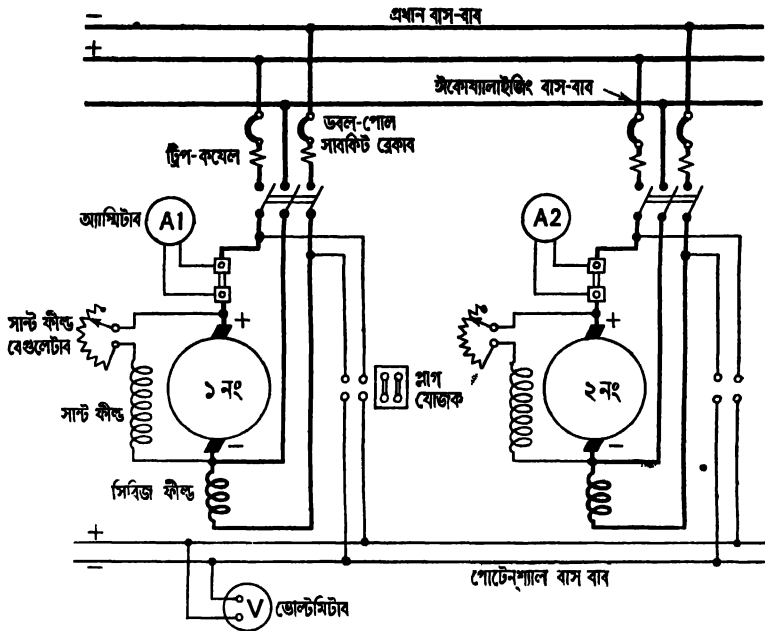
মধ্যেই অনুরূপ প্রতিক্রিয়া দেখা দেয়, আর পূর্বের ন্যায় কেবলমাত্র ১নং মেসিনের ঘাড়েই সমস্ত লোড আসিয়া পড়িতে পারে না।

৯৩নং চিত্র

(৪) একাধিক কম্পাউণ্ড জেনারেটারের প্যারালেলে সংযোগ (Connections of Compound Generators in Parallel)

দুই বা ততোধিক কম্পাউণ্ড জেনারেটার যখন প্যারালেলে পরিচালিত হয়, তখন প্রত্যেকটি মেসিন লোডশূন্য অবস্থা হইতে পূরা লোড পর্যন্ত যাহাতে উহার ক্ষমতা অনুযায়ী বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে পারে, সেইজন্য নিম্নলিখিত শর্ত দুইটি পূরণ হওয়া আবশ্যক :

(১) প্রত্যেক মেসিনের আর্মেচারের রেগুলেশন সমান হওয়া প্রয়োজন।

(২) মেসিনের সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স উহার ক্ষমতার বিপরীত অনুপাতি হওয়া চাই, অর্থাৎ যে মেসিনের ক্ষমতা যত বেশী, তাহার সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সও তত কম হওয়া দরকার।

প্যারালেলে চালাইতে গেলে দুইটি কম্পাউণ্ড জেনারেটারকে বাস-বারে কিরূপে সংযুক্ত করিতে হয়, তাহা ৯৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। সান্ট জেনারেটারের ন্যায় ইহাতেও প্রত্যেকটি মেসিনের একটি করিয়া নিজস্ব অ্যাম্মিটার থাকে, আর ভোল্টমিটার সংযুক্ত থাকে এক জোড়া পোটেন্শ্যাল বাস-বারের মধ্যে। আর্মেচারের যে প্রান্তে অ্যাম্মিটার সংযুক্ত থাকে যদি সেই প্রান্তে সিরিজ ফীল্ডকেও যুক্ত করা হয়, তবে মেসিনের পূরা কারেন্ট অ্যাম্মিটার দিয়া প্রবাহিত হইতে পারে না, কিছু কারেন্ট ইকোয়্যালাইজিং বাস-বার দিয়া বাহিরে চলিয়া যায়। তখন অ্যাম্মিটারের নির্দেশে তড়িৎ-প্রবাহের সঠিক পরিমাণ ধরা পড়ে না। এই অসুবিধা দূর করিতে হইলে আর্মেচারের পজিটিভ প্রান্তের সহিত অ্যাম্মিটার, আর নেগেটিভ প্রান্তের সহিত সিরিজ ফীল্ড-কয়েল, সিরিজে সংযুক্ত করা উচিত। ৯৪নং চিত্রে মেসিনের এইরূপ সংযোগই দেখানো হইয়াছে।

প্যারাল্যালে পরিচালনার জন্য কম্পাউণ্ড জেনারেটারের সংযোগ
৯৪নং চিত্র

কম্পাউণ্ড জেনারেটারে সিরিজ ফীল্ড থাকিলেও রেগুলেটারের সাহায্যে কেবলমাত্র উহার সান্ট ফীল্ডের উত্তেজনাকে নিয়ন্ত্রণ করিয়াই আংশিকভাবে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ করা হয়। আর, কোন একটি মেসিনকে চালু করিয়া বাস-বারে অন্যান্য জেনারেটারের সহিত প্যারাল্যালে সংযুক্ত করিবার সময়, কিংবা ধীরে ধীরে লোড অপসারণ করিয়া কোন একটি মেসিনকে বন্ধ করিবার সময়, সান্ট জেনারেটারের ক্ষেত্রে যে-সকল পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়, কম্পাউণ্ড জেনারেটারের ক্ষেত্রেও ঐ সকল পদ্ধতি-ই অবলম্বন করা হইয়া থাকে।

(৫) সিরিজ জেনারেটার প্যার্য্যালেলে পরিচালন (Parallel Operation of Series Generators)

একাধিক সিরিজ জেনারেটার প্যার্য্যালেলে চালাইতে গেলে কম্পাউণ্ড জেনারেটারের ন্যায় এই মেসিনের সহিতও ইকোয়্যালাইজিং বাস-বার ব্যবহার করিতে হয়; কারণ এক্ষেত্রেও সবগুলি সিরিজ ফীল্ড প্যার্য্যালেলে সংযুক্ত না থাকিলে পরিচালনার সময় কোন একটি মেসিনের সাম্যাবস্থায় যদি অস্থায়ীভাব দেখা দেয়, তবে উত্তরোত্তর সেই ভাব বৃদ্ধি পাইতে থাকে। পরিচালনার অন্যান্য দিকেও এই মেসিনের ক্ষেত্রে কম্পাউণ্ড মেসিনের অনুরূপ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। তবে সঙ্গত কারণেই (যে কারণ সম্বন্ধে ইতিপূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে) উৎপাদন কেন্দ্রসমূহে সচরাচর সিরিজ

জেনারেটার প্যার‍্যালেলে পরিচালনা করিয়া তড়িৎ-শক্তি উৎপন্ন করিতে দেখা যায় না।

(৬) প্যার‍্যালেলে চলাকালীন জেনারেটারের মধ্যে লোডের বিভাগ
(Division of Loads among Generators Running in Parallel)

যখন একই আকারের দুইটি জেনারেটার একত্রে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে থাকে, তখন প্রত্যেকে পূরা চাহিদার অর্ধেক সরবরাহ করিবে বলিয়া মনে হওয়াই স্বাভাবিক। কিন্তু এই প্রশ্নের অন্য দিকও আছে। যদি এত বেশী শক্তি সরবরাহ করিতে হয় যে দুইটি মেসিনেই পূরা লোড পড়ে, তখন অবশ্য প্রত্যেকে অর্ধেক লোডই বহন করিবে। কিন্তু যদি চাহিদা তত বেশী না হয়, তবে একটি জেনারেটারের উপর পূরা লোড দিয়া বাকী অংশ অপর মেসিন হইতে লওয়া—এই প্রথাও প্রচলিত আছে ; কারণ মেসিন যত বেশী পূরা লোডে চলিতে পায়, তাহার কর্মক্ষমতাও তত বেশী হয়। ইহাতে উৎপাদন কেন্দ্রের লাভ বেশী। তবে কার্যক্ষেত্রে কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইবে, তাহা ভারপ্রাপ্ত ইঞ্জিনীয়ারই ঠিক করিয়া থাকেন।

প্যার‍্যালেলে চলিবার সময় যদিও সবকয়টি জেনারেটারের প্রান্তিক চাপই (terminal voltage) সমান থাকে, কিন্তু ইহা হইতে তাহাদের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ (induced e. m. f.) কত তাহা বুঝা যায় না, বুঝা যায় তাহারা কে কত তড়িৎ সরবরাহ করিতেছে, তাহা দেখিয়া। যে মেসিনের আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ যত বেশী হয়, সেই মেসিন লোডের তত বেশী অংশ গ্রহণ করে।

সাণ্ট ডাইনামোর বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা হইতে দেখা যায় যে, এই রেখার কার্যকরী অংশকে মোটামুটিভাবে একটি সরলরেখা বলিয়া মনে করিলে খুব বেশী ভুল হয় না।" যখন মেসিন কোন্ কারেণ্ট সরবরাহ না করে (on no-load), তখন উহার প্রান্তিক ভোল্টেজ আর আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ সমান থাকে। কিন্তু যতই বেশী বেশী কারেণ্ট বাহিরের বর্তনীতে পাঠানো যায়, ততই মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ একটু একটু করিয়া কম হইতে থাকে। ভোল্টেজের এই ঘাটতি প্রধানতঃ আর্মেচার দিয়া তড়িৎ প্রবাহের ফলে হইয়া থাকে। যদি সকল বিষয়ে অভিন্ন দুইটি জেনারেটার প্যার‍্যালেলে চলে, তবে গতিবেগ আর ফীল্ডের উত্তেজন সমান থাকিলে তাহাদের মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপও সমান হয়। তখন যত বিদ্যুৎই তাহারা সমবেত-ভাবে সরবরাহ করুক না কেন, প্রত্যেকে তাহাতে সমান অংশ গ্রহণ করে। কিন্তু যদি ঐ জেনারেটার দুইটির আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে কিছু পার্থক্য থাকে, তবে প্যার‍্যালেলে চলিবার সময় যে মেসিনের আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স কম, সেই মেসিন মোট কারেণ্টের বেশী অংশ সরবরাহ করে, আর অন্যটি অপেক্ষাকৃত কম কারেণ্ট সরবরাহ করে। তেমনি আবার যদি জেনারেটারকে আস্তে বা জোরে চালানো যায়, কিংবা যদি তাহাদের ফীল্ডের উত্তেজন সমান না থাকে, তবে তাহাতেও একটি জেনারেটার অন্যটি অপেক্ষা কম বা বেশী কারেণ্ট সরবরাহ করে।

উদাহরণ ৫-১। দুইটি সান্ট জেনারেটার প্যার্যালেলে চালু থাকিয়া একযোগে ১৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। লোডশূন্য অবস্থায় একটি মেসিনের প্রান্তিক চাপ ২৩০ ভোল্ট থাকে, আর সেই চাপ সমানভাবে কমিয়া ঐ মেসিন যখন ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন ২১৮ ভোল্টে দাঁড়ায়। সেইরূপ, লোডশূন্য অবস্থায় দ্বিতীয় মেসিনের প্রান্তিক চাপ ২৩৬ ভোল্ট থাকে, আর তাহা সমানভাবে কমিয়া (falls uniformly) ঐ মেসিন যখন ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন ২২০ ভোল্টে দাঁড়ায়। প্যার্যালেলে চলিবার সময় মেসিন দুইটির কোন্‌টি কত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবে, আর বাস-বার ভোল্টেজ তখন কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

মনে কর, V = বাস-বার ভোল্টেজ, অর্থাৎ প্যার্যালেলে চলাকালীন প্রত্যেক মেসিনের প্রান্তিক চাপ,

I_1 = ১নং জেনারেটারের আউটপুট-কারেন্ট,

I_2 = ২নং জেনারেটারের আউটপুট-কারেন্ট,

E_1 = ১নং জেনারেটারের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ,

এবং E_2 = ২নং জেনারেটারের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ।

এখানে E_1 = ২৩০ ভোল্ট, E_2 = ২৩৬ ভোল্ট,

আর $I_1 + I_2$ = ১৫০·০ অ্যাম্পিয়ার।

১নং জেনারেটার যখন ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন ঐ মেসিনে ভোল্টেজের মোট ঘাটতি = ২৩০ − ২১৮

= ১২·০ ভোল্ট।

সুতরাং মেসিনের প্রতি অ্যাম্পিয়ার আউটপুটে ভোল্টেজের ঘাটতি

$$= \frac{১২}{৮০} = ০·১৫ \text{ ভোল্ট/অ্যাম্পিয়ার।}$$

সেইরূপ, ২নং জেনারেটার যখন ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন ঐ মেসিনে ভোল্টেজের মোট ঘাটতি = ২৩৬ − ২২০

= ১৬·০ ভোল্ট।

সুতরাং মেসিনের প্রতি অ্যাম্পিয়ার আউটপুটে ভোল্টেজের ঘাটতি

$$= \frac{১৬·০}{৮০} = ০·২ \text{ ভোল্ট/অ্যাম্পিয়ার।}$$

এখন, প্রথম মেসিনের ক্ষেত্রে $V = E_1 - ০·১৫\, I_1$

$= ২৩০ - ০·১৫\, I_1$ ভোল্ট,

আর দ্বিতীয় মেসিনের ক্ষেত্রে $V = E_2 - ০·২\, I_2$

$= ২৩৬ - ০·২\, I_2$ ভোল্ট।

সুতরাং $২৩০ - ০·১৫\, I_1 = ২৩৬ - ০·২\, I_2$

অথবা $০·২\, I_2 - ০·১৫\, I_1 = ৬$

অথবা $I_2 - ০·৭৫\, I_1 = ৩০$ অ্যাম্পিয়ার ··· (১)

আবার $I_1 + I_2 = ১৫০$ অ্যাম্পিয়ার ··· (২)

অতএব (২) হইতে (১) বাদ দিলে দেখা যাইবে

১'৭৫ I_1 = ১২০,

∴ I_1 = ১২০/১'৭৫ = ৬৮'৬ অ্যাম্পিয়ার, আর

I_2 = ১৫০ − I_1

= ১৫০ − ৬৮'৬

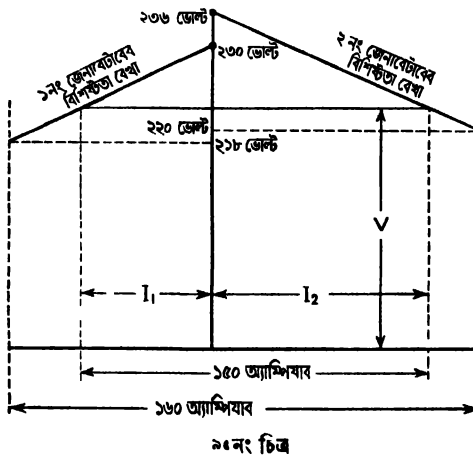
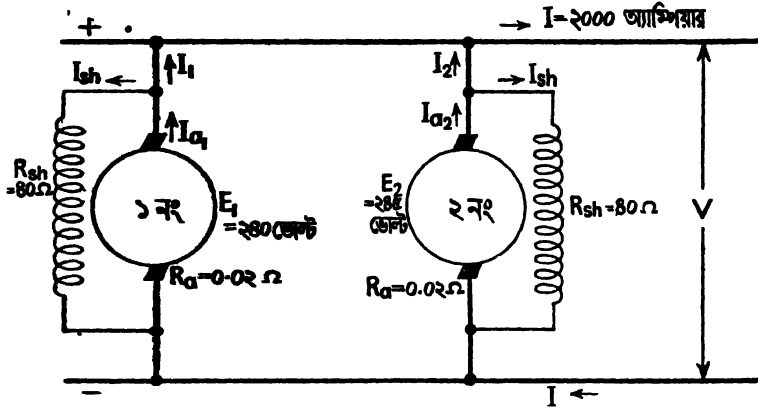
= ৮১'৪ অ্যাম্পিয়ার।

$V = E_1$ − ০'১৫ I_1

= ২৩০ − ০'১৫ × ৬৮'৬

= ২১৯'৭ ভোল্ট।

লেখচিত্রে একটি নির্দিষ্ট মাপ (scale) অনুযাযী উভয় জেনাবেটারেব বিশিষ্টতা-রেখা অঙ্কন করিয়া এই উদাহরণেব লৈখিক সমাধান (graphical solution) পাওয়া যাইতে পারে। বিশিষ্টতা-বেখা কিরূপে অঙ্কন কবিতে হইবে, তাহা ৯৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

৯৫নং চিত্র

উদাহরণ ৫-২। দুইটি সান্ট জেনারেটার একত্রে প্যারালেলে চলিয়া ২০০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লোড-সারকিটে সরবরাহ করে। প্রত্যেকটি মেসিনের আর্মেচারের রোধ ০'০২ ওম এবং সান্ট ফীল্ডের রোধ ৪০ ওম। যদি ফীল্ডের উত্তেজন এমন অবস্থায় রাখা থাকে যাহাতে একটি মেসিনের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ২৪০ ভোল্ট আর অন্য একটি মেসিনের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ২৪৫ ভোল্ট হয়, তবে প্রত্যেক জেনারেটার কত কিলো-ওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করিবে, আর তখন বাস-বারের ভোল্টেজই বা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

২৬নং চিত্র

মনে কর, V = বাস-বার ভোল্টেজ,

I_1 = ১নং জেনারেটারের আউটপুট-কারেণ্ট,

I_2 = ২নং জেনারেটারের আউটপুট-কারেণ্ট,

I_{a1} = ১নং জেনারেটারের আর্মেচার-কারেণ্ট,

I_{a2} = ২নং জেনারেটারের আর্মেচার কারেণ্ট,

E_1 = ১নং জেনারেটারের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ,

E_2 = ২নং জেনারেটারের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ,

I_{sh} = প্রত্যেক মেসিনেব ফীল্ড-কারেণ্ট (প্রান্তিক চাপ এবং ফীল্ডেব রোধ সমান বলিয়া জেনারেটাব দুইটির ফীল্ড কারেণ্ট সমান হইবে),

R_{sh} = প্রত্যেক মেসিনের ফীল্ডেব রোধ,

এবং R_a = প্রত্যেক মেসিনের আর্মেচাবের বোধ।

এখানে $E_1 = ২৪০$ ভোল্ট ; $E_2 = ২৪৫$ ভোল্ট,

$R_{sh} = ৪০\ \Omega$; $R_a = ০\cdot০২\ \Omega$,

$I_1 + I_2 = ২০০০$ অ্যাম্পিয়ার, আর

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{V}{৪০} \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore\ I_{a1} = I_1 + I_{sh} = I_1 + \frac{V}{৪০} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\text{এবং } I_{a2} = I_2 + I_{sh} = I_2 + \frac{V}{৪০} \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

১নং মেসিনের ক্ষেত্রে

$$E_1 = V + I_{a1} R_a \text{ ভোল্ট,}$$

$$\therefore\ V = E_1 - I_{a1} R_a = ২৪০ - \left(I_1 + \frac{V}{৪০}\right) \times ০\cdot০২ \text{ ভোল্ট।}$$

সেইরূপ, ২নং মেসিনের ক্ষেত্রে

$$E_2 = V + I_{a2}R_a \text{ ভোল্ট},$$

$$\therefore \quad V = E_2 - I_{a2}R_a = ২৪৫ - \left(I_2 + \frac{V}{৪০}\right) \times ০\cdot০২ \text{ ভোল্ট।}$$

অতএব $২৪০ - \left(I_1 + \frac{V}{৪০}\right) \times ০\cdot০২ = ২৪৫ - \left(I_2 + \frac{V}{৪০}\right) \times ০\cdot০২$

অথবা $০\cdot০২I_2 - ০\cdot০২I_1 = ৫$

অথবা $I_2 - I_1 = ২৫০$ অ্যাম্পিয়ার ··· (১)

আবার $I_1 + I_2 = ২০০০$ অ্যাম্পিয়ার ··· (২)

এখন (২) হইতে (১) বাদ দিলে দেখা যাইবে

$$২I_1 = ১৭৫০,$$

অতএব $I_1 = \frac{১৭৫০}{২} = ৮৭৫$ অ্যাম্পিয়ার।

কিন্তু $I_2 = ২০০০ - I_1$,

$\therefore \quad I_2 = ২০০০ - ৮৭৫ = ১১২৫$ অ্যাম্পিয়ার।

$$V = ২৪০ - \left(I_1 + \frac{V}{৪০}\right) \times ০\cdot০২$$

$$= ২৪০ - ৮৭৫ \times ০\cdot০২ - \frac{V}{২০০০} \text{ ভোল্ট।}$$

অতএব $V + \frac{V}{২০০০} = ২৪০ - ১৭\cdot৫ = ২২২\cdot৫$,

$\therefore \quad V = \frac{২২২\cdot৫ \times ২০০০}{২০০১} = \underline{২২২\cdot৪ \text{ ভোল্ট}}$।

১নং জেনারেটারের আউটপুট $= \frac{V \times I_1}{১০০০}$,

$= \frac{২২২\cdot৪ \times ৮৭৫}{১০০০}$,

$= \underline{১৯৪\ ৬ \text{ কিলোওয়াট}}$।

২নং জেনারেটারের আউটপুট $= \frac{V \times I_2}{১০০০}$,

$= \frac{২২২\cdot৪ \times ১১২৫}{১০০০}$,

$= \underline{২৫০\cdot২৫ \text{ কিলোওয়াট}}$

উদাহরণ ৫-৩। **দুইটি সান্ট জেনারেটার প্যার‍্যালেলে চলিবার সময় একত্রে ২০০০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট লোড-সারকিটে সরবরাহ করে।**

১নং জেনারেটারের ফীল্ডের রোধ ৫৫ ওম, আর্মেচারের রোধ ০·০২৫ ওম এবং আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ২৬০ ভোল্ট।

২নং জেনারেটারের ফীল্ডের রোধ ৬০ ওম, আর্মেচারের রোধ ০·০৩ ওম এবং আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ২৫০ ভোল্ট।

প্যার‍্যালেলে চলিবার সময় জেনারেটার দুইটির মধ্যে কোন্‌টি কত অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট সরবরাহ করিবে এবং তখন বাস-বারের ভোল্টেজই বা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $I_1+I_2=২০০০$ অ্যাম্পিয়ার,

$\therefore\ I_2=২০০০-I_1$ অ্যাম্পিয়ার।

$I_{sh1}=\dfrac{V}{R_{sh1}}=\dfrac{V}{৫৫}$ অ্যাম্পিয়ার।

$I_{sh2}=\dfrac{V}{R_{sh2}}=\dfrac{V}{৬০}$ অ্যাম্পিয়ার।

$I_{a1}=I_1+I_{sh1}=\left(I_1+\dfrac{V}{৫৫}\right)$ অ্যাম্পিয়ার।

$I_{a2}=I_2+I_{sh2}=\left(I_2+\dfrac{V}{৬০}\right)$

$=\left(২০০০-I_1+\dfrac{V}{৬০}\right)$ অ্যাম্পিয়ার।

১নং জেনারেটারের ক্ষেত্রে

$V=E_1-I_{a1}R_{a1}$

$=২৬০-\left(I_1+\dfrac{V}{৫৫}\right)\times ০·০২৫$ ভোল্ট ···(১)

২নং জেনারেটারের ক্ষেত্রে

$V=E_2-I_{a2}R_{a2}$

$=২৫০-\left(২০০০-I_1+\dfrac{V}{৬০}\right)\times ০·০৩$ ভোল্ট · (২)

উপরের সমীকরণ দুইটির সমাধান করিলে দেখা যাইবে

$I_1=$ <u>১২৬৬ অ্যাম্পিয়ার,</u>

$I_2=$ <u>৭৩৪ অ্যাম্পিয়ার,</u>

এবং $V=$ <u>২২৮ ভোল্ট।</u>

৫-৭। ডি. সি. জেনারেটার ও স্টোরেজ ব্যাটারি একত্রে প্যার‍্যালেলে পরিচালন (Parallel Running of D. C. Generators with Storage Battery)

কোন কোন উৎপাদন কেন্দ্রে ডি. সি. জেনারেটারের সহিত প্যার‍্যালেলে স্টোরেজ ব্যাটারিও ব্যবহার করিতে দেখা যায়। ঐ ব্যাটারি প্রয়োজনমত (অর্থাৎ কোন একটি জেনারেটারে গোলযোগ দেখা দিলে) কোথায়ও পুরা লোড বহন করিবার জন্য, কোথায়ও আবার অন্য জেনারেটারের সহিত প্যার‍্যালেলে যুক্ত হইয়া আংশিক লোড বহন করিবার জন্য, ব্যবহার করা হয়। ব্যাটারির প্রত্যেক "সেল" (Cell)-এর তড়িৎ-চাপ যখন ১·৮ ভোল্টের নীচে নামিয়া যায়, তখন ঐ ব্যাটারিকে যাহাতে চার্জ করা যায়, সেইজন্য বিশেষ বন্দোবস্ত থাকা দরকার। তবে ব্যাটারি বাহিরের বর্তনীতে তড়িৎ সরবরাহ করিবার সময় একই সঙ্গে যাহাতে উহা চার্জ করাও চলিতে পারে, সেইরূপ বন্দোবস্ত থাকিলেই ভাল হয়। ব্যাটারি যতই কারেন্ট সরবরাহ করিতে থাকে, উহার তড়িৎ-চাপ ততই কমিতে আরম্ভ করে। কিন্তু বাস-বারে যুক্ত থাকার সময় উহার প্রান্তিক ভোল্টেজ সমান রাখা প্রয়োজন ; সেইজন্য সেলের সংখ্যা যাহাতে কম-বেশী করা

একটি সান্ট জেনারেটারের সহিত একটি স্টোরেজ ব্যাটারির প্যার‍্যালেলে সংযোগ

৯৭নং চিত্র

চলে, অর্থাৎ চাপ যতই কম হইতে থাকে ততই অধিক সংখ্যক সেল সিরিজে সংযুক্ত করিয়া যাহাতে টার্মিন্যাল ভোল্টেজ সমান রাখা যায়, সেইরূপ বন্দোবস্তও থাকা আবশ্যক। ৯৭নং চিত্রে ইহাই দেখানো হইয়াছে। এই চিত্রে S_1-দ্বারা চিহ্নিত সুইচের সাহায্যে

ব্যাটারি চার্জ করা হয়, S_2-দ্বারা চিহ্নিত স্নইচের মধ্য দিয়া ব্যাটারি বাস-বারে কারেণ্ট পাঠায়, S_3-দ্বারা চিহ্নিত স্বয়ংক্রিয় স্নইচ ব্যাটারি হইতে কারেণ্ট জেনারেটারের দিকে প্রবাহিত হইবার উপক্রম করিলে সেই প্রবাহ বন্ধ করিয়া দেয়, S_4-দ্বারা চিহ্নিত স্নইচের সাহায্যে ভোণ্টমিটারের সংযোগ সাধিত হয় (ব্যাটারিকে বাস-বারে অন্যান্য জেনারেটারের সহিত প্যার‍্যালেলে সংযোগ করিবার সময় এই ভোণ্টমিটারের নির্দেশ ভাল করিয়া দেখিয়া লইতে হয়), আর R. S.-দ্বারা চিহ্নিত রেগুলেটিং স্নইচ প্রয়োজন অনুসারে কম বা বেশী সংখ্যক সেল সিরিজে সংযুক্ত করে। R. S. একটি "ডবল সিলেক্টার স্নইচ" (double selector switch)। ব্যাটারি চার্জ হওয়ার সময় উহার নীচের হাতল (R. S. 2), আর ব্যাটারি যখন তড়িৎ সরবরাহ করিতে থাকে, তখন উহার উপরের হাতল (arm) (R. S. 1), সেলের সংখ্যা নিয়ন্ত্রণ করে।

স্বয়ংক্রিয় স্নইচের সাহায্যে সাধারণতঃ দুইটি কাজ সমাধা করা হয়। এক, কারেণ্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইয়া ব্যাটারি হইতে যেন জেনারেটারে প্রবেশ করিতে না পারে, এবং দুই, যতক্ষণ পর্যন্ত জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ ব্যাটারির ভোল্টেজ অপেক্ষা শতকরা দুই কিংবা তিন ভাগ বেশী না হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত যেন তাহাদের প্যার‍্যালেলে সংযোগ করা না চলে। এই কাজে ব্যবহারের উপযোগী নানা ধরনের স্বয়ংক্রিয় স্নইচ বাজারে পাওয়া যায়, তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রে প্রস্তুতকারক নিজেই তাঁহার জেনারেটার ও ব্যাটারির পক্ষে উপযুক্ত একটি স্নইচ অন্যান্য আসবাবের সহিত সরবরাহ করিয়া থাকেন।

ব্যাটারির সহিত একযোগে প্যার‍্যালেলে চলিবার সময় জেনারেটারকে একই সঙ্গে ব্যাটারি চার্জ করিবার কাজও সম্পন্ন করিতে হয়। তখন বিপরীত দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া যাহাতে জেনারেটারের চুম্বকগুলিতে বিপরীত মেরুত্ব উৎপন্ন করিতে না পারে, সেইজন্য এই কাজে কেবলমাত্র সাণ্ট জেনারেটার ব্যবহার করা উচিত; কারণ সাণ্ট জেনারেটারই একমাত্র ডাইনামো যাহার আর্মেচার দিয়া কারেণ্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইলেও মেসিনের চুম্বকগুলি বিপরীত মেরুত্ব লাভ করে না।

প্রশ্নমালা

১। Parallel operation-এর জন্য কি ধরনের জেনারেটার সর্বাধিক উপযুক্ত ? একটি চালু জেনারেটারের সহিত অন্য একটি জেনারেটার parallel করিবার সঠিক পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২। (ক) দুইটি ওভারকম্পাউণ্ডেড জেনারেটারকে প্যার‍্যালাল রানিংএর জন্য প্রয়োজনীয় সরঞ্জাম ও যন্ত্রপাতি সহ কানেকশন একটি নকশায় দেখাও।

(খ) একটি ওভারকম্পাউণ্ডেড জেনারেটারকে প্যার‍্যালাল রানিংএর জন্য বাস-বারে স্নইচের দ্বারা সংযোগ কিভাবে করিতে হয় সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

[ওভারকম্পাউণ্ডেড জেনারেটারসহ অন্যান্য সকল শ্রেণীর কম্পাউণ্ড জেনারেটার একই পদ্ধতিতে বাস-বারে সংযুক্ত থাকে এবং প্যার‍্যালেলে পরিচালিত হয়।]

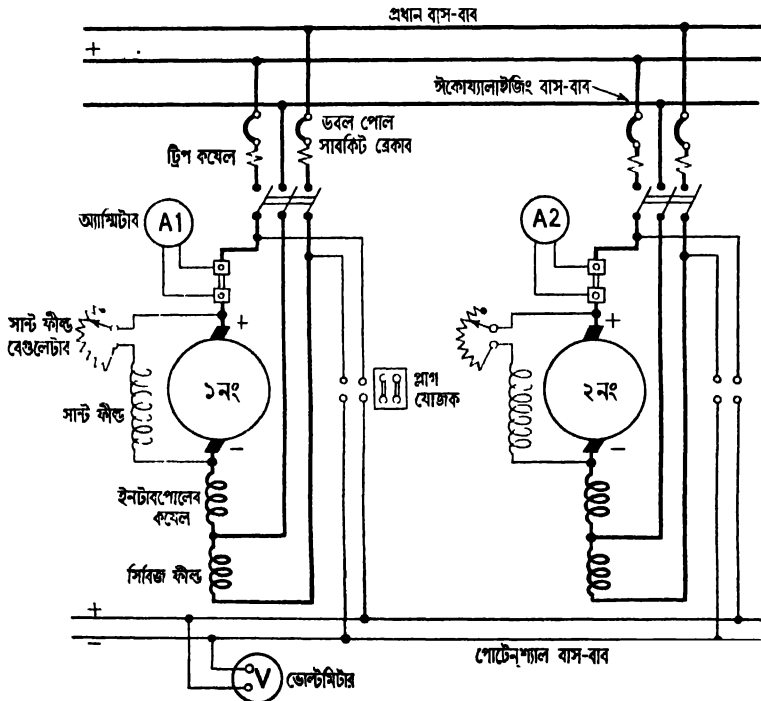
৩। দুইটি ডি. সি. কম্পাউণ্ড জেনারেটর প্যার্‍্যালেলে চালাইবার সময় "ঈকোয়্যালাইজিং বাস-বার" কি কাজ করে ?

৪। ডি. সি. সাণ্ট জেনারেটরকে প্যার‍্যালেল অপারেশনের জন্য বাস-বারে আনিতে কি প্রণালী অবলম্বন করিবে তাহা বর্ণনা কর। জেনারেটর কিরূপে লোড গ্রহণ করে ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।

৫। দুইটি কম্পাউণ্ড ইন্‌টারপোল ডাইনামো parallel চালাইতে হইলে যে সকল অবশ্য প্রয়োজনীয় connections করিতে হয় তাহা একটি diagram-এর সাহায্যে দেখাও।

কিরূপে ইহাদের যে-কোন মেসিনকে ইচ্ছামত total load-এর যে-কোন অংশ গ্রহণ করাইতে পারা যায় বর্ণনা কর।

[কম্পাউণ্ড জেনারেটারে ইন্‌টারপোল থাকিলে উহার আর্মেচারের সহিত সিরিজে দুইটি কয়েল বা কুণ্ডলি যুক্ত হয়। এই কয়েল দুইটির একটি সিরিজ ফীল্ডের কয়েল, আর অন্যটি ইন্‌টারপোলের কয়েল। তখন দুইটি মেসিন প্যার‍্যালেলে কিরূপে সংযুক্ত থাকে, তাহা ৯৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।]

৯৮নং চিত্র

৬। (ক) যখন জেনারেটারগুলি parallel চলে এবং ইহাদের মধ্যে একটিকে বন্ধ করিবার প্রয়োজন হয় তখন ইহার মেন সুইচ্ কাটিয়া ইহাকে বন্ধ করিবার প্রথা ভাল নয় কেন?

(খ) একটি পাওয়ার হাউসে ২টি shunt generators-এর মধ্যে একটি load supply করিতেছে। এখন যদি অপর জেনারেটারটিকে এই load-এর অংশ গ্রহণ করাইতে হয় তাহা কিভাবে করিতে হইবে বর্ণনা কর।

৭। দুইটি কম্পাউণ্ড জেনারেটার প্যার‍্যালেল-এ চালাইতে গেলে কি কি আবশ্যকীয় শর্তাবলী মানিতে হইবে? এই জেনারেটারগুলি চালাইতে গেলে কি কি নিরাপত্তা অবলম্বন করিতে হইবে? কি কি সরঞ্জাম ও যন্ত্রপাতি আবশ্যক হইবে তাহা উল্লেখ করিয়া একটি নিখুঁত চিত্র অঙ্কন কর।

৮। ইকোলাইজার বাস্-বারের সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

৯। একটি ৫০-কিলোওয়াট ২৫০-ভোল্ট সান্ট জেনারেটারের ফিল্ড রেসিস্ট্যান্স ১০০ ওমস্। উহাকে বসাইয়া প্যার‍্যালালে চালাইতে হইবে। জেনারেটার হইতে কণ্ট্রোল বোর্ড পর্যন্ত যে-সব তার লাগিবে তাহাদের সংখ্যা ও আয়তন লিখ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সাজসরঞ্জামের বিশেষ বিবরণসহ একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

বাস্-বারে সুইচ অন্ করিবার পূর্বে প্যার‍্যালাল অপারেশনের শর্তাবলী পূরণ হইয়াছে কিনা তাহা কিরূপে পরীক্ষা করিয়া দেখিবে?

[জেনারেটারের ফীল্ড-কারেণ্ট $= \frac{২৫০}{১০০} =$ ২.৫ অ্যাম্পিয়ার। ফীল্ড-কয়েল এবং রেগুলেটার দিয়া এই কারেণ্ট প্রবাহিত হয়। সুতরাং ফীল্ড-সারকিটে রেগুলেটার সংযোগ করিবার জন্য প্রত্যেকটি ১/১.৪০ মিলিমিটার আয়তনের এবং ২৫০/৪৪০ ভোল্ট গ্রেডের অ্যালুমিনিয়াম পরিবাহী সমন্বিত দুইগাছা তার জেনারেটার হইতে কণ্ট্রোল বোর্ড পর্যন্ত ব্যবহার করিতে হইবে।

জেনারেটারের লোড-কারেণ্ট $= \frac{৫০ \times ১০০০}{২৫০} =$ ২০০ অ্যাম্পিয়ার। এই কারেণ্ট জেনারেটার হইতে বাস্-বারে পাঠাইবার জন্য আরমারড্ অ্যালুমিনিয়াম কেব্‌ল্ ব্যবহার করিতে হইবে। কেব্‌ল্ ২ কোর, ৯৫ বর্গ মিলিমিটার আয়তনের, পি. আই. এল. সি. এ. (paper insulated lead covered and armoured) এবং ২৫০/৪৪০ ভোল্ট গ্রেডের হইবে।]

১০। "প্যারালেলে সংযুক্ত থাকিলে সান্ট জেনারেটার স্থায়ী সাম্যাবস্থায় পরিচালিত হয়"—কি কারণে সান্ট জেনারেটার সম্বন্ধে এইরূপ মন্তব্য করা হইয়া থাকে, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর।

১১। দুইটি সান্ট জেনারেটার প্যারালেলে চলিবার সময় একযোগে ১৬০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। একটি মেসিনের প্রান্তিক চাপ লোডশূন্য অবস্থায় ২৪৬ ভোল্ট, আর ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবার সময় ২৩০ ভোল্ট থাকে; দ্বিতীয় মেসিনের প্রান্তিক চাপ লোডশূন্য অবস্থায় ২৫০ ভোল্ট, আর ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবার সময় ২৩০ ভোল্ট থাকে। মেসিন দুইটি প্যারালেলে চলিবার সময় কে কত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবে এবং তখন বাস্-বারের ভোল্টেজ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর। প্রত্যেকটি মেসিনের বিশিষ্টতা-রেখাকে সরলরেখা (straight line) হিসাবে ধরিয়া লও। (উঃ ৮৭.৮ অ্যাম্প., ৭২.২ অ্যাম্প, ২৩১.৯ ভোল্ট)

১২। "সাধারণভাবে প্যারালেলে সংযুক্ত থাকিলে কম্পাউণ্ড জেনারেটার অস্থায়ী সাম্যাবস্থায় পরিচালিত হয়"—কি কারণে কম্পাউণ্ড জেনারেটার সম্বন্ধে এইরূপ মন্তব্য করা হয়, এবং কিরূপ বন্দোবস্ত থাকিলে কম্পাউণ্ড জেনারেটারকেও প্যারালেলে সাম্যাবস্থায় পরিচালনা করা যায়, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর।

১৩। দুইটি সান্ট জেনারেটার প্যারালেলে চলিবার সময় একযোগে ৩৬০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট বাস্-বারে সরবরাহ করে। প্রত্যেকটি মেসিনের ফীল্ডের রোধ ৬০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০.০১ ওম। যদি আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ একটি মেসিনে ৪৫৫ ভোল্ট এবং অপরটিতে ৪৬০ ভোল্ট হয়, তবে কোন্ মেসিন কত কিলোওয়াট শক্তি বাহিরের বর্তনীতে সরবরাহ করিবে এবং তখন বাস্-বারের ভোল্টেজই বা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

(উঃ ৬৮১ কিঃ ওয়াট, ৯০১ কিঃ ওয়াট, ৪৩৯.৫ ভোল্ট)

১৪। কি কি শর্ত পূরণ করিলে একযোগে প্যারালেলে পরিচালিত দুইটি (ক) সান্ট জেনারেটার, (খ) কম্পাউণ্ড জেনারেটার তাহাদের নিজ নিজ ক্ষমতা অনুযায়ী লোড বহন করিতে পারে?

১৫। প্যারালেলে চলাকালীন দুইটি সান্ট জেনারেটারের মধ্যে সমগ্র লোডের বণ্টন কিরূপ হয়, তাহা বুঝাইয়া লিখ। যে-কোন একটি জেনারেটারের (ক) ফীল্ড-কারেন্ট, (খ) গতিবেগ পরিবর্তন করিলে লোডের এই বণ্টনে কি পরিবর্তন দেখা দেয়?

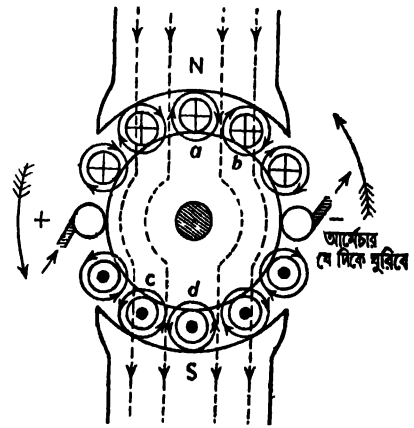
ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ

ডি. সি. মোটর (D. C. Motors)

কেবলমাত্র গঠন-রীতির দিক দিয়া বিচার করিলে একটি ডি. সি. জেনারেটার আর একটি ডি. সি মোটর অভিন্ন মেসিন। যে মেসিন জেনারেটার হিসাবে পরিচালিত হয়, প্রয়োজন হইলে সেই মেসিনকেই আবার মোটর হিসাবে চালনা করা যায়। প্রাইম মুভারের সাহায্যে ঘুরাইলে মেসিন জেনারেটার হিসাবে চলে ; তখন ঐ মেসিন যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত করে। আবার একই মেসিন উপযুক্ত তড়িৎ-চাপের সরবরাহ-লাইনে সংযুক্ত করিলে মোটর হিসাবে ঘুরিয়া তড়িৎ-শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করিতে থাকে। সেইজন্য গঠন-রীতি অভিন্ন হইলেও কাজের দিক দিয়া বিচার করিলে ডি. সি. মোটরকে কিন্তু ডি. সি. জেনারেটারের সম্পূর্ণ বিপরীত বলা চলে।

৬-১। ডি. সি. মোটর কেমন করিয়া চলে (Principle of D. C. Motors)

যদি ফীল্ড-পোলের দ্বারা উৎপন্ন চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে আর্মেচার বসাইয়া তাহাকে কোন উপায়ে ঘুরানো যায়, তবে তাহাতে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় এবং বর্তনী সম্পূর্ণ থাকিলে তাহা দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। ডি. সি. জেনারেটারের ইহাই মূলতত্ত্ব। আর যদি বাহির হইতে বিদ্যুৎ আনিয়া চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত আর্মেচারের কয়েল দিয়া তাহা পাঠানো যায়, তবে সেই আর্মেচার আপনা হইতেই ঘুরিতে আরম্ভ করে। ডি. সি. মোটরের মূলতত্ত্ব ইহাই।

৯৯নং চিত্রে দুই পোলওয়ালা ফীল্ডের মধ্যে অবস্থিত একটি আর্মেচার আর তাহার কয়েলগুলির মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ দেখানো হইয়াছে। তড়িৎ-প্রবাহ বাঁদিকের পজিটিভ ব্রাশ দিয়া আর্মেচারে প্রবেশ করিতেছে, এবং সবকয়টি কয়েলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া ডানদিকের নেগেটিভ ব্রাশ দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে। ফলে আর্মেচারের উপরের দিকে যত পরিবাহী আছে, তাহাদের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ সম্মুখ হইতে পিছনের দিকে যাইতেছে, আর আর্মেচারের নীচের দিকে অবস্থিত পরিবাহীসমূহে তড়িৎ-প্রবাহ পিছন হইতে সম্মুখের দিকে আসিতেছে। ইহাতে পরিবাহীর ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের দরুন যে চক্রাকার

ডি. সি. মোটরের মূলতত্ত্ব
৯৯নং চিত্র

চুম্বকক্ষেত্রের উৎপত্তি হইতেছে, তাহা উপরের প্রত্যেক পরিবাহীর চারিদিকে দক্ষিণাবর্তে আর নীচের প্রত্যেক পরিবাহীর চারিদিকে বামাবর্তে ঘুরিতেছে। চিত্রে ফীল্ড-পোল দুইটির মধ্যে উপরেরটি উত্তর মেরু আর নীচেরটি দক্ষিণ মেরু হিসাবে দেখানো হইয়াছে। সুতরাং এই দুই পোল যে চুম্বকক্ষেত্র উৎপন্ন করিতেছে, তাহার বলরেখা উপর হইতে নীচের দিকে অগ্রসর হইতেছে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, একই জায়গায় দুইটি চুম্বকক্ষেত্র বর্তমান রহিয়াছে। ফলে ক্ষেত্র দুইটির বলরেখার মধ্যে সর্বদা আকর্ষণ ও বিকর্ষণ হইতে থাকে।

কি করিয়া ইহা হয়, তাহা এইবার লক্ষ্য কর। আর্মেচারের উপরের দিকে a-দ্বারা চিহ্নিত পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে ঐ পরিবাহীর চারিধারে যে চক্রাকার চুম্বকক্ষেত্র উৎপন্ন হইতেছে, তাহা দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে। সুতরাং ঐ পরিবাহীর ডানদিকের বলরেখা নীচের দিকে আর বাঁদিকের বলরেখা উপরের দিকে অগ্রসর হইতেছে। উত্তর মেরু হইতে যত বলরেখা আসিতেছে, তাহা সমস্তই উপর হইতে নীচের দিকে যাইতেছে। অতএব পরিবাহীর ডানদিকের বলরেখা আর উত্তর মেরুর বলরেখা একই দিকে অগ্রসর হইতেছে। সুতরাং ঐ দুই বলরেখা পরস্পরকে সরাইয়া দিতে (repel করিতে) চেষ্টা করিবে, আর সেই সঙ্গে বেয়ারিংয়ের উপর বসানো বলিয়া মোটরের আর্মেচারও ডানদিক হইতে বাঁদিকে ঘুরিবার উপক্রম করিবে। সেইরূপ, 'a'-পরিবাহীর বাঁদিকের বলরেখা উপরের দিকে যাইতেছে, আর উত্তর মেরুর বলরেখা নীচের দিকে আসিতেছে। ইহারা বিপরীত দিকে অগ্রসর হইতেছে বলিয়া পরস্পরকে নিজের দিকে টানিতে (attract করিতে) চেষ্টা করিবে, অর্থাৎ ঐ পরিবাহীসুদ্ধ আর্মেচার পূর্বের মতই ডানদিক হইতে বাঁদিকে ঘুরিবার উপক্রম করিবে। ঠিক একইভাবে উত্তর মেরুর তলায় আর্মেচারের যতগুলি পরিবাহী আছে, তড়িৎ-প্রবাহের দরুন তাহাদের সকলের চারিধারে একই অভিমুখে অনুরূপ চুম্বকক্ষেত্র উৎপন্ন হইবে, ফলে প্রত্যেক পরিবাহীকেই উত্তর মেরু ডানদিক হইতে বাঁদিকে ঠেলিয়া দিবে।

এখন দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে যে-সকল পরিবাহী আছে (যেমন c, d, ইত্যাদি), তাহাদের অবস্থা কিরূপ হইতেছে তাহা লক্ষ্য কর। এই সকল পরিবাহীতে তড়িৎ-প্রবাহ আর্মেচারের পিছন হইতে সম্মুখের দিকে আসিতেছে বলিয়া তাহা হইতে উৎপন্ন চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখা বামাবর্তে ঘুরিতেছে। সেইজন্য প্রত্যেক পরিবাহীর ডানদিকের বলরেখা উপরের দিকে আর বাঁদিকের বলরেখা নীচের দিকে যাইতেছে। সঙ্গে সঙ্গে প্রধান ফীল্ডের চুম্বক-বলরেখা উত্তর মেরু হইতে বাহির হইয়া দক্ষিণ মেরুতে প্রবেশ করিতেছে, অর্থাৎ উপর হইতে নীচের দিকে অগ্রসর হইতেছে। সুতরাং প্রত্যেক পরিবাহীর ডানদিকের বলরেখা প্রধান ফীল্ডের বলরেখার বিপরীত দিকে আছে। ফলে তাহারা পরস্পরকে নিজের দিকে টানিবে, আর সেই সঙ্গে আর্মেচার বাঁদিক হইতে ডানদিকে ঘুরিতে চেষ্টা করিবে। একই সময়ে পরিবাহীর বাঁদিকের বলরেখা নীচের দিকে নামিতেছে বলিয়া তাহারা প্রধান ফীল্ডের বলরেখার সহিত একই দিকে অগ্রসর হইতেছে। সুতরাং তাহারা পরস্পরকে সরাইয়া দিবে, আর ইহাতেও আর্মেচার আগের

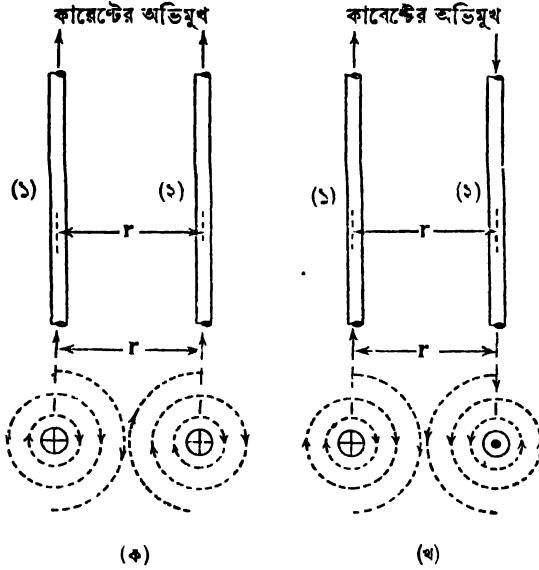
মতই বাঁদিক হইতে ডানদিকে ঘুরিতে চেষ্টা করিবে। অতএব দেখা গেল যে, আর্মেচারের উপরের দিকটা ডানদিক হইতে বাঁদিকে আর নীচের দিকটা বাঁদিক হইতে ডানদিকে ঘুরিতে চেষ্টা করিবে, অর্থাৎ কয়েলগুলিব চুম্বকক্ষেত্রের সমবেত প্রতিক্রিয়ার দ্বারা আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিবে। আবার, যেমন কয়েল-সম্বলিত এক-একটি খাঁজ পোলের সম্মুখ হইতে বাহির হইয়া যাইবে, তেমনই অন্যদিকে কয়েল-সম্বলিত এক-একটি খাঁজ পোলের মুখে প্রবেশ করিবে। তাই আর্মেচার ক্রমাগত ঘুরিতেই থাকিবে। আর্মেচারের এইভাবে ঘুরিবার কারণ এই যে, ফীল্ডের উত্তর মেরুর সম্মুখে যে-সকল পরিবাহী অবস্থিত, তাহাদের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় ঐ সকল পরিবাহীতে তাহাদের নিজেদের ও প্রধান চুম্বকক্ষেত্রেব অনুলম্বভাবে (in a perpendicular direction) এক গতিবেগ যে-দিকে কাজ কবে, দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে অবস্থিত পবিবাহীসমূহে তাহাব ঠিক বিপরীত দিকে সমপরিমাণ আর এক গতিবেগ উৎপন্ন হয়। এই দুই গতিবেগ সমান আব বিপবীতমুখী বলিয়া তাহারা একত্রে এক ঘূর্ণক (turning moment or torque) সৃষ্টি করে। সুতরাং যতক্ষণ না কোন বিরুদ্ধ ঘূর্ণকের পরিমাণ ইহা অপেক্ষা বেশী হয়, ততক্ষণ আর্মেচার ঘুরিতেই থাকে।

আর্মেচারকে বিপরীত দিকে ঘুরাইতে হইলে, তাহা দুই উপায়ে করা যায়। এক, উত্তব মেরুব জায়গায় দক্ষিণ মেরু বসাইয়া, অর্থাৎ ফীল্ড-কয়েল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বিপরীত দিকে পাঠাইয়া, এবং দুই, আর্মেচার-কয়েল দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহেব অভিমুখ বদল করিয়া। কিন্তু যদি ফীল্ড-কয়েল আর আর্মেচার-কয়েল উভয়ের মধ্য দিয়াই তড়িৎ-প্রবাহ বিপরীত দিকে পাঠানো হয়, তবে আর্মেচার আগেকার মত একই অভিমুখে ঘুরিতে থাকে। সেইজন্য মেসিনের ভিতরে আর্মেচারের সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ উল্টা করিয়া না দিয়া, কিংবা কম্যুটেটারের উপরে অবস্থিত ব্রাশসমূহেব অবস্থান পরস্পরের সহিত বদল না করিয়া, যদি কেবলমাত্র সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের দুই প্রান্তের সংযোগ বদল করিয়া দেওয়া যায়, তবে মোটরের গতিবেগে কোনরূপ পরিবর্তন দেখা দেয় না।

৬-২। মোটরের প্রত্যেক পরিবাহীতে উৎপন্ন শক্তি (Force Developed on Conductor Carrying Current)

কোন চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে আর্মেচারকে রাখিয়া কুণ্ডলির তার দিয়া কারেণ্ট পাঠাইলে আর্মেচার যে ঘোরে, তাহা বুঝা গেল। এইবার আর্মেচারের প্রত্যেক পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় যে বেগ (force) উৎপন্ন হয়, তাহার শক্তি কত হইবে সেই সম্বন্ধে আলোচনা করা হইতেছে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, যদি পাশাপাশি দুইটি পরিবাহী সমান্তরাল (parallel) ভাবে অবস্থিত থাকে এবং তাহাদের মধ্য দিয়া কারেণ্ট একই দিকে প্রবাহিত হয়, তবে একটি পরিবাহী অপরটিকে নিজের দিকে টানিতে চেষ্টা করে; আর যদি

পরিবাহী দুইটির মধ্য দিয়া কারেণ্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতে থাকে, তবে তাহারা পরস্পরকে দূরে ঠেলিয়া দেয়। নীচে ১০০নং চিত্রে পরিবাহীর এই অবস্থাই দেখানো হইয়াছে। (ক) চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, দুইটি সমান্তরাল পরিবাহীতে কারেণ্ট একই অভিমুখে প্রবাহিত হইতেছে, আর (খ) চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, পরিবাহী দুইটিতে তড়িৎ-প্রবাহ পরস্পরের বিপরীত দিকে যাইতেছে।

১০০নং চিত্র

প্রথমে ১০০(ক)নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। কারেণ্ট যখন একই অভিমুখে প্রবাহিত হইতে থাকে, তখন প্রত্যেক পরিবাহীর চারিদিকে বৃত্তের আকারে চুম্বক-বলরেখার আবির্ভাব হয়। ইহা পরিবাহীর নীচে দেখানো হইয়াছে। "স্ক্রু-নিয়ম" (Cork-Screw Rule) প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে যে, এইরূপ ক্ষেত্রে উভয় পরিবাহীর চারিদিকের বলরেখাই দক্ষিণাবর্তে ঘোরে। অতএব ১নং পরিবাহীর চারিদিকে উৎপন্ন বলরেখা উপর হইতে নীচের দিকে আসিবে, আর ২নং পরিবাহীর চারিদিকে উৎপন্ন বলরেখা নীচ হইতে উপরের দিকে উঠিবে। সুতরাং তাহারা পরস্পরের বিপরীত দিকে অগ্রসর হইবে, আর সেই কারণে ১নং পরিবাহী ২নং-কে আকর্ষণ করিবে।

সেইরূপ, ১০০(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলে বুঝা যাইবে যে, পরিবাহী দুইটিতে বিপরীত অভিমুখে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে উভয়ের চারিদিকে যে চুম্বক-বলরেখা উৎপন্ন হয়, তাহারা একই দিকে অগ্রসর হইবে এবং ইহার ফলস্বরূপ ১নং পরিবাহী ২নং-কে ঠেলিয়া দিতে চেষ্টা করিবে। পরিবাহীর মধ্যে এই আকর্ষণ ও বিকর্ষণের জোরের উপরেই মোটরে উৎপন্ন শক্তির পরিমাণ নির্ভর করে।

চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত কোন পরিবাহী দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় ঐ পরিবাহীর উপর যে বল (force) কাজ করে, তাহা তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভরশীল : এক, চুম্বক-বলরেখার ঘনত্ব (flux density of the magnetic field), দুই, তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ, এবং তিন, চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত পরিবাহীর দৈর্ঘ্য। বল যদি F-দ্বারা চিহ্নিত করা যায়, তবে

$$F = B\,l\,I \text{ নিউটন}$$

হইবে।

এখানে B-দ্বারা চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার (গড) ঘনত্ব নির্দেশ করা হইতেছে। চুম্বকক্ষেত্রের প্রতি বর্গমিটার আয়তনের মধ্যে গড়ে যত ওয়েবার বলরেখা পাওয়া যায়, ইহার পরিমাণ তত (ওয়েবার/বর্গমিটার) ;

l-দ্বারা চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত পরিবাহীর দৈর্ঘ্য নির্দেশ করা হইতেছে। এই দৈর্ঘ্য মিটার-এ মাপা হয় ,

এবং I দ্বারা পরিবাহীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ নির্দেশ করা হইতেছে। ইহা অ্যাম্পিয়ার-এ মাপা হয়।

উদাহরণ ৬-১। চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে লম্বভাবে অবস্থিত কোন একটি পরিবাহীর দৈর্ঘ্য ০·২২ মিটার। যদি চুম্বকক্ষেত্রে বলরেখার প্রখরতা প্রতি বর্গমিটারে ০৮ ওয়েবার হয় এবং পরিবাহীর মধ্য দিয়া ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে, তবে ঐ পরিবাহীর উপর কত বল কাজ করিবে ?

এখানে B = প্রতি বর্গমিটারে ০৮ ওয়েবার,

l = ০·২২ মিটার,

এবং I = ৫০ অ্যাম্পিয়ার।

$\therefore$ F = B l I

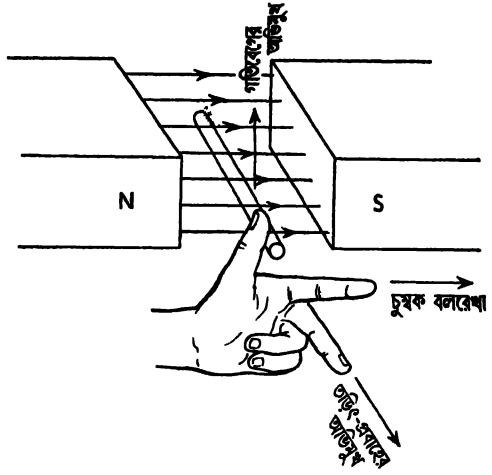
= ০৮ × ০·২২ × ৫০

= ৮·৮ নিউটন।

৬-৩। ফ্লেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম (Fleming's Left-hand Rule)

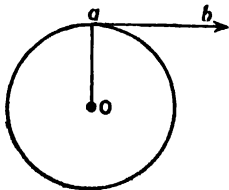
চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে কোন পরিবাহীকে ঘুরাইলে উহাতে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহার অভিমুখ যেমন ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ-হস্ত নিয়মের সাহায্যে বাহির করা যায়, সেইরূপ, চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত কোন পরিবাহী দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে ঐ পরিবাহীর গতিবেগ কোন্ দিকে হইবে, তাহা ফ্লেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়মের সাহায্যে নির্ণয় করা চলে।

চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার অভিমুখ, ক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত পরিবাহী দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের অভিমুখ এবং পরিবাহীতে যে গতিবেগ উৎপন্ন হয় তাহার অভিমুখ পরস্পরের মধ্যে একটি নির্দিষ্ট সম্বন্ধ বজায় রাখে। ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত নিয়ম এই সম্বন্ধই প্রকাশ করে। নিয়মটি নিম্নে বিবৃত করা হইল :—

বাম হস্তের অঙ্গুষ্ঠ, তর্জনী আর মধ্যমা পরস্পরের সমকোণে রাখিয়া প্রসারিত কর। তর্জনীর দিক চুম্বক রেখাপ্রবাহের অভিমুখে রাখিয়া মধ্যমা বা মাঝের আঙ্গুল পরিবাহী দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহার অভিমুখে রাখিলে, অঙ্গুষ্ঠ বা বুড়া আঙ্গুল পরিবাহীর গতির অভিমুখ নির্দেশ করিবে। ১০১নং চিত্রের সাহায্যে ইহাই বুঝানো হইয়াছে।

ফ্লেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম
১০১নং চিত্র

৬-৪। আবর্তি বা ঘূর্ণক (Turning Moment or Torque)

ঘূর্ণক কথাটি বারংবার ব্যবহার করা হইতেছে। সেইজন্য ঘূর্ণক বলিতে কি বুঝায় তাহা বলা আবশ্যক, কারণ মোটরের ক্ষেত্রে ইহা বড়ই দরকারী শব্দ। এই শব্দটি বল-বিজ্ঞান (Mechanics) হইতে লওয়া। বল-বিজ্ঞানে আছে যে, চাকার পরিধিতে অবস্থিত কোন বিন্দুতে যদি এমনভাবে বল প্রয়োগ করা যায় যাহার অভিমুখ ঐ চাকার ব্যাসার্ধের সমকোণে থাকে, তবে চাকার সেই বিন্দু ঘুরিতে চেষ্টা করে, অর্থাৎ এক আবর্তির সৃষ্টি হয়। ইহাকে ইংরাজিতে "টার্নিং মোমেণ্ট" বা "টর্ক্" বলে।

১০২নং চিত্রে একটি চাকার ব্যাসার্ধ *oa*-দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে। এখন মনে কর, চাকার পরিধির উপর অবস্থিত '*a*'-বিন্দুতে *oa*-এর সহিত সমকোণ করিয়া *ab* পরিমাণ বল প্রয়োগ করা হইল। দেখা যাইবে যে ইহাতে '*a*'-বিন্দু দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতে চেষ্টা করিতেছে। *ab*-কে *oa*-দ্বারা গুণ করিলে যাহা হয়, তাহাই তখন চাকার "ঘূর্ণক" বা "টর্ক্" হইবে। যদি বল নিউটনে মাপা হয়, আর চাকার কেন্দ্র হইতে যে বিন্দুতে বল প্রয়োগ করা হইতেছে তাহার অনুলম্ব-দূরত্ব (perpendicular distance) মাপা হয় মিটারে, তবে ঘূর্ণকের একক **"নিউটন-মিটার"** হইবে। কিন্তু যদি বল কিলোগ্রামে আর দূরত্ব মিটারে মাপা হয়, তবে ঘূর্ণকের একক হইবে **"কিলোগ্রাম-মিটার"**। ব্রিটিশ পদ্ধতিতে আবার বল পাউণ্ডে আর দূরত্ব ফুটে মাপা হইয়া থাকে। তখন ঘূর্ণকের একক প্রকাশ করা হয় **"পাউণ্ড-ফুট"**-এ।

১০২নং চিত্র

উদাহরণ ৬-২। **একটি ডি সি. মোটরের আর্মেচারের মোট ৪৫০টি পরিবাহীর মধ্যে ৩০০টি পরিবাহী সর্বদাই চুম্বকগুলির সম্মুখে অবস্থান করে। চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত প্রত্যেক পরিবাহীর দৈর্ঘ্য ০·১২৭ মিটার এবং ঐ ক্ষেত্রের বলরেখার প্রখরতা প্রতি বর্গমিটারে ০·৬২ ওয়েবার। পূরা লোডসহ চলিবার সময় আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং দিয়া ১২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়। যদি আর্মেচারের ব্যাসার্ধ (শাফ্‌টের কেন্দ্র হইতে পরিবাহীর কেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্ব) ৩ ইঞ্চি হয়, তবে মোটরে মোট কত পাউণ্ড-ফুট ঘূর্ণক উৎপন্ন হইবে ?**

এখানে B = ০·৬২ ওয়েবার/বর্গমিটাব,

l = ০·১২৭ মিটার,

এবং I = ১২ অ্যাম্পিয়ার।

সুতরাং প্রত্যেক পরিবাহীর উপর কার্যকর বলের পরিমাণ

F = BlI

= ০·৬২ × ০·১২৭ × ১২ নিউটন।

কিন্তু ১ নিউটন = ০ ২২৪৭ পাউণ্ড।

অতএব F = ০·৬২ × ০ ১২৭ × ১২ × ০ ২২৪৭

= ০·২১২৩ পাউণ্ড।

সুতরাং ৩০০টি পরিবাহীর উপর কার্যকর সমবেত বলের পরিমাণ

= ০·২১২৩ × ৩০০ = ৬৩·৬৯ পাউণ্ড।

আর্মেচারেব ব্যাসার্ধ = ৩ ইঞ্চি = $\frac{৩}{১২}$ ফুট।

অতএব আর্মেচারে উৎপন্ন ঘূর্ণক

T = (আর্মেচারের পরিবাহীসমূহেব উপর কার্যকর বল) × (আর্মেচারের ব্যাসার্ধ)

= ৬৩·৬৯ × $\frac{৩'}{১২}$

= ১৫·৯২ পাউণ্ড-ফুট।

৬-৫। ডি. সি. মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ (Torque Developed by a D. C. Motor)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত কোন পবিবাহী দিয়া যখন তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, তখন ঐ পরিবাহীর উপব বল কাজ করে এবং সেই বলের পরিমাণ

F = BlI নিউটন

হয়। এখন, যদি মোটরের আর্মেচারে Z-সংখ্যক পরিবাহী থাকে, তবে সবকয়টি পরিবাহীর উপর কার্যকর সমবেত বলের পরিমাণ

ZBlI নিউটন

হইবে।

মনে কর, আর্মেচারের ব্যাস d মিটার লম্বা। সুতরাং উহার ব্যাসার্ধ $\frac{d}{২}$ মিটার লম্বা হইবে। অতএব, আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণকের পরিমাণ

$$T=(ZBlI)\times\left(\frac{d}{২}\right) \text{ নিউটন-মিটার}$$

হইবে। আর্মেচারের ব্যাস d মিটার বলিয়া উহার পরিধি πd মিটার হইবে। মোটরে যদি P-সংখ্যক ফীল্ড-পোল থাকে, তবে প্রত্যেক পোলের অধীনে এই পরিধির $\frac{\pi d}{P}$ অংশ অবস্থান করিবে। সুতরাং আর্মেচারের উপবিভাগের $l\times\frac{\pi d}{P}$ বর্গমিটার অংশ সর্বদাই প্রত্যেক পোলের সম্মুখে থাকিবে।

এইবার মনে কর, মোটরের প্রত্যেকটি ফীল্ড পোল বা চুম্বক যে বলরেখা উৎপন্ন করে তাহার পরিমাণ ϕ ওয়েবার।

$$\therefore\quad \phi=B\times l\left(\frac{\pi d}{P}\right) \text{ ওয়েবার।}$$

$$\text{অতএব } B=\frac{\phi P}{\pi dl} \text{ ওয়েবার/বর্গমিটার।}$$

B-এর এই মান প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে যে,

$$T=Z\left(\frac{\phi P}{\pi dl}\right) lI\left(\frac{d}{২}\right)$$

$$=\frac{১}{২\pi}(\phi ZPI)$$

$$=০\cdot১৫৯\ \phi ZPI \text{ নিউটন-মিটার।}$$

মনে কর, পূর্ণ লোডসহ চলিবার সময় আর্মেচার দিয়া I_a অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এখন, আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং-এ যদি A-সংখ্যক প্যারালেল রাস্তা থাকে, তবে

$$I=\frac{I_a}{A} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে।

$$\therefore\quad T=০\cdot১৫৯\ \phi ZP\frac{I_a}{A}$$

$$=০\cdot১৫৯\ \phi ZI_a\frac{P}{A} \text{ নিউটন-মিটার}$$

হইবে।

যদি ঘূর্ণক কিলোগ্রাম-মিটারে প্রকাশ করিতে হয়, তবে

$$T=\frac{০\cdot১৫৯}{৯\cdot৮১}\ \phi ZI_a\frac{P}{A}$$

$$=০\cdot০১৬২\ \phi ZI_a\frac{P}{A} \text{ কিলোগ্রাম-মিটার}$$

হইবে।

আর যদি ঘূর্ণক পাউণ্ড-ফুটে প্রকাশ করিতে হয়, তবে

$$T = \frac{০\cdot১৫৯}{১\cdot৩৫} \phi Z I_a \frac{P}{A}$$

$$= ০\cdot১১৮\ \phi Z I_a \frac{P}{A} \text{ পাউণ্ড-ফুট}$$

হইবে।

ইতিপূর্বে আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং সম্বন্ধে আলোচনা করিবার সময় বলা হইয়াছে যে, ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে $A = P$, আর ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে $A = ২$ হয়। আবার, কোন একটি নির্দিষ্ট মোটরের ক্ষেত্রে Z, P এবং A—এই তিনটি সংখ্যার মান সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া

$$T = K\phi I_a \text{ নিউটন-মিটার}$$

বলা যায়। এখানে $K = ০\cdot১৫৯\ Z \frac{P}{A}$, এবং ইহা একটি অপরিবর্তিত সংখ্যা, মোটরে লোড কম বা বেশী হইলেও এই সংখ্যার কোন তারতম্য ঘটে না। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ডি. সি. মোটরে যে ঘূর্ণক উৎপন্ন হয় তাহার পরিমাণ ফীল্ডের উত্তেজন (ϕ) এবং আর্মেচার-কারেণ্ট (I_a)—এই দুইয়ের গুণফলের সমানুপাতি, অর্থাৎ ফীল্ডের উত্তেজন কম-বেশী করিয়া, কিংবা আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের পরিমাণ কম-বেশী করিয়া, কিংবা উভয়কেই কম-বেশী করিয়া ঘূর্ণকের পরিমাণ প্রয়োজনমত কমানো বা বাড়ানো যাইতে পারে।

উদাহরণ ৬-৩। একটি মোটরের আর্মেচার দিয়া যখন ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তখন উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ ৬০ নিউটন-মিটার থাকে। যদি আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের পরিমাণ বৃদ্ধি করিয়া ৮০ অ্যাম্পিয়ার করা যায়, এবং একই সঙ্গে ফীল্ডের উত্তেজন শতকরা ২৫ ভাগ কম রাখা হয়, তবে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ কত হইবে?

এখানে $T_1 = ৬০$ নিউটন-মিটার,

$I_{a1} = ৫০$ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $I_{a2} = ৮০$ অ্যাম্পিয়ার।

চুম্বকের উত্তেজন যখন শতকরা ২৫ ভাগ কম রাখা হয়, তখন চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা শতকরা ৭৫ ভাগ থাকে। সুতরাং প্রথম অবস্থায় বলরেখার সংখ্যা যদি ϕ ওয়েবার ধরা যায়, তবে দ্বিতীয় অবস্থায় বলরেখার সংখ্যা $\frac{৭৫}{১০০}\phi$ ওয়েবার হইবে।

এখন, $T_1 = K\phi I_{a1}$

অথবা $৬০ = K\phi \times ৫০$ নিউটন-মিটার,

এবং $T_2 = K\frac{৭৫}{১০০}\phi I_{a2}$

$= K \times ০\cdot৭৫\ \phi \times ৮০$ নিউটন-মিটার।

অতএব $$\frac{T_2}{T_1} = \frac{K \times ০\cdot৭৫\ \phi \times ৮০}{K \times \phi \times ৫০} = \frac{০\cdot৭৫ \times ৮০}{৫০}.$$

$$\therefore\quad T_2 = \frac{০\cdot৭৫ \times ৮০ \times T_1}{৫০}$$

$$= \frac{০\cdot৭৫ \times ৮০ \times ৬০}{৫০}$$

$$= ৭২\cdot০$$ নিউটন-মিটার।

উদাহরণ ৬-৪। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট ডি সি. মোটরের আর্মেচার ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত। আর্মেচারে ৬০টি খাঁজ আছে, আর প্রত্যেক খাঁজে ২০টি করিয়া পরিবাহী আছে। যদি ফীল্ডের প্রতি পোল ২৩ মিলিওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে, আর আর্মেচার দিয়া ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয় তবে মোটরে কত (ক) পাউণ্ড-ফুট, (খ) নিউটন-মিটার ঘূর্ণক উৎপন্ন হইবে ?

এখানে $\phi = ২৩$ মিলিওয়েবার $= ০\cdot০২৩$ ওয়েবার,

$Z = ৬০ \times ২০ = ১২০০$,

$I_a = ৫০$ অ্যাম্পিয়ার,

$P = ৪$,

এবং $A = ৪$ (ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)।

(ক) $T = ০\cdot১১৮\ \phi Z I_a \dfrac{P}{A}$ পাউণ্ড-ফুট

$$= ০\cdot১১৮ \times ০\cdot০২৩ \times ১২০০ \times ৫০ \times \frac{৪}{৪}$$

$$= ১৬৩\cdot০$$ পাউণ্ড-ফুট।

(খ) $T = ০\cdot১৫৯\ \phi Z I_a \dfrac{P}{A}$ নিউটন-মিটার

$$= ০\cdot১৫৯ \times ০\cdot০২৩ \times ১২০০ \times ৫০ \times \frac{৪}{৪}$$

$$= ২১৯\cdot৫$$ নিউটন-মিটার।

৬-৬। মোটর চলিতে আরম্ভ করার পরের অবস্থা

মোটর সম্বন্ধে আলোচনা করিবার সময় যে তিনটি মূল বিষয়ের কথা উল্লেখ করা হইয়া থাকে, তাহাদের "মোটরের মূল সূত্র" (Fundamental Equations of Motors) বলা হয়। এই তিনটি সূত্র হইতেছে—(১) মোটরের আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল, ইহা হইতে কত লোড লইয়া মোটর কত জোরে ঘুরিবে, তাহা বাহির করা যায়, (২) মোটরের আর্মেচার-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের পরিমাণ, ইহা হইতে কত লোডে মোটর কত কারেণ্ট লইবে, তাহা জানা যায়; (৩) মোটরের আর্মেচারে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ; ইহা হইতে কত লোডে মোটর কত "অশ্ব-শক্তি" উৎপাদন করিতে পারিবে, তাহা বুঝা যায়।

এই তিনটি সূত্র জানা গেলে যে-কোন মোটর সম্বন্ধে যাহা কিছু জ্ঞাতব্য বিষয়, সমস্তই জানা হয়। তখন কোন এক বিশেষ লোড বহন করিবার পক্ষে কত ক্ষমতার আর কোন্ জাতের মোটর উপযুক্ত হইবে, তাহা সহজেই ঠিক করিতে পারা যায়।

(১) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল (Back Electromotive Force or Counter Electromotive Force induced in the Armature)

জেনারেটারের ক্ষেত্রে দেখা গিয়াছে যে, যে-কোন উপায়েই পরিবাহীকে ঘুরানো হউক না কেন, যখনই কোন পরিবাহী চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখা ছেদ করে, তখনই উহাতে তড়িৎ-চাপ বা তড়িচ্চালক বল (electromotive force) আবিষ্ট হয়। মোটরের ক্ষেত্রেও অনুরূপ ঘটনাই ঘটে। মোটর যখন চলিতে আরম্ভ করে, তখন আর্মেচারের খাঁজের মধ্যে অবস্থিত পরিবাহীসমূহ একদিকে যেমন তড়িৎ-প্রবাহ বহন করে আর ঘূর্ণক উৎপন্ন করে, অপরদিকে তেমনি চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে ঘোরে বলিয়া বলরেখা ছেদন করিতে থাকে; ফলে তাহাদের মধ্যেও তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ বাহির করিতে হইলে জেনারেটারের ন্যায় এক্ষেত্রেও ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ-হস্ত নিয়ম প্রয়োগ করিতে হইবে। তখন দেখা যাইবে যে, এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ আর্মেচার-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের অভিমুখের ঠিক বিপরীত। যতক্ষণ মোটর চলিতে থাকে, ততক্ষণ এই তড়িচ্চালক বল বর্তমান থাকে, আর তাহা মোটরের আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টকে বাধা দেয় বলিয়া সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজকেও বাধা দিতে থাকে, অর্থাৎ ঐ ভোল্টেজের বিপরীত দিকে কাজ করে। সেইজন্যই ইহাকে "বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল" বা ইংরাজিতে "ব্যাক্ ইলেক্‌ট্রোমোটিভ্ ফোর্স" বলে।

বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল প্রকৃতপক্ষে পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ। সুতরাং যে সূত্রের (formula) সাহায্যে জেনারেটারের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ বাহির করা যায়, সেই একই সূত্রের সাহায্যেই মোটরের বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল নির্ণয় করা চলে। যদি বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল E_b-দ্বারা চিহ্নিত করা হয়, তবে

$$E_b = \phi Z \frac{N}{৬০} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। ইহা হইতে মোটর কত জোরে ঘুরিবে, তাহা বাহির করা যায়। মোটর প্রতি মিনিটে যত পাক ঘোরে, উপরের সূত্র অনুযায়ী তাহার সংখ্যা

$$N = \frac{৬০ E_b A}{\phi Z P}$$

হইবে। এখন, মোটরের লোড কম বা বেশী হইলেও A, Z এবং P—ইহাদের পরিমাণের কোন তারতম্য ঘটে না। সুতরাং যদি $\left(\frac{৬০ A}{ZP}\right)$—এই রাশিকে K' আখ্যা দেওয়া যায়, তবে

$$N = K' \frac{E_b}{\phi}$$

হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ডি. সি. মোটরের গতিবেগ আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বলের সমানুপাতি, আর ফীল্ডের বলরেখার সংখ্যার বিপরীত

অনুপাতি। সেইজন্য আর্মেচারে যত বেশী বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, মোটরের গতিবেগ ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে, আর এই চাপ কমিয়া গেলে সঙ্গে সঙ্গে মোটরের গতিবেগও হ্রাস পায়। কিন্তু ফীল্ডের উত্তেজনের সঙ্গে গতিবেগের সম্বন্ধ ইহার ঠিক বিপরীত থাকে। যদি ফীল্ডের উত্তেজন বাড়ানো যায়, তবে মোটর আস্তে চলে, আর ফীল্ডের প্রখরতা কম করিলে মোটর অপেক্ষাকৃত বেশী জোরে চলিতে আরম্ভ করে।

(২) মোটরের আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ (Armature Current of the Motor)

মোটরের আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজকে বাধা দেয় বলিয়া আর্মেচার-সারকিটের কার্যকর ভোল্টেজ তাহাদের উভয়ের পার্থক্যের সমান হয়। এই ভোল্টেজকে সারকিটের রোধ বা রেজিস্ট্যান্স দিয়া ভাগ করিলেই আর্মেচার দিয়া কি পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে, তাহা জানা যায়। যদি লাইনের ভোল্টেজ V-দ্বারা, আর্মেচারের রোধ R_a-দ্বারা এবং আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট I_a-দ্বারা চিহ্নিত করা হয়, তবে

আর্মেচার-সারকিটের কার্যকর চাপ $= V - E_b$ ভোল্ট,

আর $$I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$$ অ্যাম্পিয়ার

হইবে। ইহা মোটরের পক্ষে একটি দরকারী মূলসূত্র। এই সূত্র হইতে দেখা যাইবে যে

$$E_b = V - I_a R_a \text{ ভোল্ট।}$$

সুতরাং লাইন-ভোল্টেজ হইতে মোটরের আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের যত ঘাটতি (I_aR_a-drop) হয় তাহা বাদ দিলে বিপরীতমুখী তড়িৎ চাপের পরিমাণ জানা যায়।

বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল লাইনের ভোল্টেজ অপেক্ষা কিছু কম হইতে বাধ্য, কারণ ইহার পরিমাণ যদি বেশী হয়, তবে লাইন হইতে তড়িৎ-প্রবাহ মোটরে প্রবেশ করার পরিবর্তে মোটরই লাইনে কারেন্ট পাঠাইতে আরম্ভ করিবে। তখন মেসিন মোটর হিসাবে না চলিয়া জেনারেটার হিসাবে কাজ করিবে, ইহা হইতে পারে না। অন্যদিকে, এই তড়িচ্চালক বল আবার লাইন-ভোল্টেজের সমানও হইতে পারে না, কারণ তাহা হইলে বাহিরের ভোল্টেজ এই তড়িৎ-চাপের বাধা অতিক্রম করিয়া মোটরে কারেন্ট পাঠাইতে পারিবে না, অর্থাৎ $V - E_b = 0$ হইবে। সুতরাং তড়িৎ-প্রবাহ প্রবেশ না করাতে মোটর তখন থামিয়া যাইবে। অতএব V অপেক্ষা E অবশ্যই কম হইবে, এবং উভয়ের মধ্যে পার্থক্য এমন হওয়া চাই যাহাতে মোটর চলিবার সময় আর্মেচার-কয়েল দিয়া কারেন্ট উপযুক্ত পরিমাণে প্রবাহিত হইতে পারে।

(৩) মোটরের আর্মেচারে উৎপন্ন যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ (Mechanical Power Developed in the Armature of the Motor)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, মোটর তড়িৎ-শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। কোন মোটরে কারেন্ট দিলে যখন উহার আর্মেচার ঘুরিতে আরম্ভ করে,

তখন আর্মেচারের ঐ গতিবেগের মাধ্যমেই আমরা সেই মেসিন হইতে যান্ত্রিক শক্তি পাই এবং তাহা নানা কাজে ব্যবহার করি। ব্রিটিশ পদ্ধতিতে এই যান্ত্রিক শক্তি যে এককে মাপা হয়, তাহাকে "অশ্ব-শক্তি" বা "হর্স-পাওয়ার" (Horse Power) বলে। এখন, কোন্ মোটরে কত অশ্ব-শক্তি উৎপন্ন হয়, তাহার আন্দাজ নিম্নলিখিত উপায়ে দেওয়া যাইতে পারে :—

মনে কর, কোন খনির ভিতর হইতে কয়লা উত্তোলন করা হইতেছে। যদি দড়ির একদিকে ১ পাউণ্ড ওজনের একটি কয়লার চাঙড় থাকে, আর তাহাকে এমন বেগে টানিয়া তোলা হয় যে, চাঙড়টি প্রতি সেকেণ্ডে ৫৫০ ফুট করিয়া উপরে ওঠে (কিংবা প্রতি মিনিটে ৫৫০×৬০=৩৩০০০ ফুট ওঠে), তবে তাহাতে যত শক্তি খরচ হয়, তাহা ১ অশ্ব-শক্তির সমান। যদি কোন মোটর এই পরিমাণ কাজ করে, তবে চলতি ভাষায় তাহাকে "১ ঘোড়ার মোটর" (one horse power motor) বলা হইয়া থাকে। সুতরাং এইভাবে মোটরের অশ্ব-শক্তি হিসাব করিতে পারা যায় :—

$$\text{অশ্ব-শক্তি বা হর্স-পাওয়ার} = \frac{\text{যত পাউণ্ড মাল উঠিতেছে} \times \text{প্রতি সেকেণ্ডে যত ফুট উঠিতেছে}}{৫৫০}$$

$$= \frac{\text{যত পাউণ্ড মাল উঠিতেছে} \times \text{প্রতি মিনিটে যত ফুট উঠিতেছে}}{৩৩০০০}$$

টর্ক্ বা ঘূর্ণক হইতেও অশ্ব-শক্তি হিসাব করা যায়। মোটরের শাফ্টের সঙ্গে চাকা বা 'পুলি' (pulley) আটা থাকে, আর তাহার সঙ্গে চামড়া বা বেল্ট (belt)-এর সাহায্যে সংযুক্ত থাকিয়া অন্য মেসিন চলে। মোটরকে কোন কাজ করিতে হইলে তাহার পুলির উপর অবস্থিত দড়ি কিংবা বেল্টের উপর যত টান পড়ে, যদি তাহাকে পুলির ব্যাসার্ধ দিয়া গুণ করা হয়, তবে ঘূর্ণক পাওয়া যায়। এখন এই টানের জন্য যেমনি মোটর এক পাক ঘুরিল, অমনি বেল্ট বা দড়ি যতটা ঘুরিল তাহার পরিমাণ পুলির পরিধির সমান হইবে।

পুলির পরিধি $= ২\pi \times$ পুলির ব্যাসার্ধ। যদি পুলির ব্যাসার্ধ r ফুট হয়, তবে পুলির পরিধি হইবে $২\pi r$ ফুট। সুতরাং প্রতি পাউণ্ড মাল তুলিতে মোটরের প্রতি পাকে যে পরিমাণ কাজ হয়, তাহার পরিমাণ $২\pi r$ ফুট-পাউণ্ড হইবে। কিন্তু যে বল প্রয়োগ করা হইতেছে, তাহাকে ব্যাসার্ধ দিয়া গুণ করিলে ঘূর্ণক পাওয়া যায়। সুতরাং চাকার প্রতি পাকে $২\pi T$ ফুট-পাউণ্ড কাজ হইতেছে। যদি মোটর প্রতি মিনিটে N-পাক ঘোরে, তবে প্রতি মিনিটে $২\pi TN$ ফুট-পাউণ্ড কাজ হইবে, এবং সেই কাজকে ৩৩০০০ দ্বারা ভাগ করিলে মোটরের অশ্ব শক্তি পাওয়া যাইবে। অতএব মোটরের আর্মেচারে উৎপন্ন যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ

$$\frac{২\pi TN}{৩৩০০০} \text{ অশ্ব-শক্তি}$$

হইবে। এই সূত্রের সাহায্যেই ঘূর্ণক আর অশ্ব-শক্তির মধ্যে কি সম্বন্ধ, তাহা জানা যায়।

কোন মোটর যখন চলিতে থাকে, তখন উহার আর্মেচার দিয়া যে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়.তাহাকে যদি আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের দ্বারা গুণ করা যায়, তবে মোটর যত শক্তি উৎপন্ন করিতেছে তাহা পাওয়া যায়। ইহাকে মোটরের "আউটপুট পাওয়ার" (Output Power) বলে। সুতরাং মোটরে উৎপন্ন শক্তির পরিমাণ

$$= E_b\, I_a \text{ ওয়াট।}$$

এখন, যেহেতু ৭৪৬ ওয়াটে এক অশ্ব-শক্তি হয়, অতএব মোটরের ক্ষমতা

$$\frac{E_b I_a}{৭৪৬} \text{ অশ্ব-শক্তি}$$

হইবে। এই ক্ষমতার সমস্তটাই কিন্তু পুলির উপর পাওয়া যায় না। লোহার অংশের অপচয় (Iron Losses or Core Losses) ও ঘর্ষণের অপচয়ের (Frictional Losses) জন্য ক্ষমতার পরিমাণ কিছুটা হ্রাস পায় এবং বাকী অংশ পুলিতে পৌছায়। ইহাই মোটরের প্রকৃত ক্ষমতা বা কার্যকর আউটপুট (Useful Output)।

এইবারি উপরের সূত্রগুলি লক্ষ্য করিলেই বুঝা যাইবে যে,

$$\frac{E_b I}{৭৪৬} = \frac{২\pi TN}{৩৩০০০}$$

$$\therefore \quad T = \frac{৩৩০০০ E_b I_a}{৭৪৬ \times ২\pi N} = ৭\cdot০৪ \frac{E_b I_a}{N} \text{ পাউণ্ড-ফুট।}$$

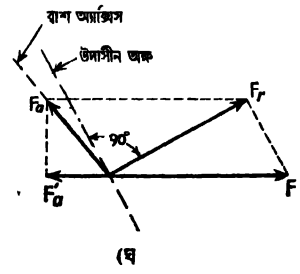
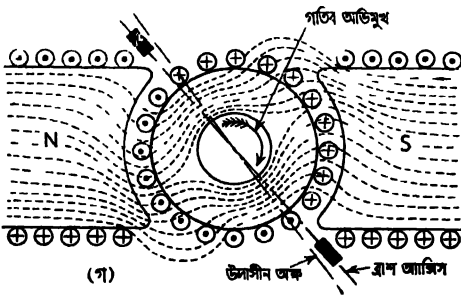
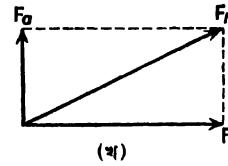
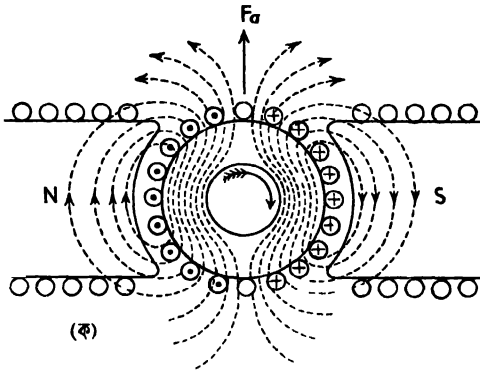
ইহা আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণক। ইংরাজিতে ইহাকে "আর্মেচার-টর্ক" (Armature Torque) বা "টোট্যাল টর্ক" (Total Torque) বলে। পুলিতে যে ঘূর্ণক কাজ করে, তাহার পরিমাণ ইহা অপেক্ষা কম। পুলির ঘূর্ণককেই মোটরের "কার্যকর ঘূর্ণক" (Useful Torque) বা "শাফট্ টর্ক্" (Shaft Torque) বলা হয়। এই ঘূর্ণকের পরিমাণ

$$T_{sh} = ৭\cdot০৪ \frac{(E_b I_a - \text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়})}{N} \text{ পাউণ্ড-ফুট।}$$

মোটরের প্রকৃত ক্ষমতা $= \frac{(E_b I_a - \text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়})}{৭৪৬}$ অশ্ব-শক্তি। ইহাকে মোটরের "ব্রেক হর্স-পাওয়ার" (Brake Horse Power) বা সংক্ষেপে B H. P. বলে, আর $\frac{E_b I_a}{৭৪৬}$ অশ্ব-শক্তিকে মোটরের "ইলেকট্রিক্যাল হর্স-পাওয়ার" (Electrical Horse Power) বলা হয়।

৬-৭। ডি. সি. মোটরে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া এবং ব্রাশের অবস্থান (Armature Reaction and Brush Position in a D. C. Motor)

আর্মেচারের চুম্বকত্বের জন্য জেনারেটারের ক্ষেত্রে যে-সকল প্রতিক্রিয়ার কথা বলা হইয়াছে, মোটরের ক্ষেত্রেও সেই সকল প্রতিক্রিয়াই দেখা দেয়। ফীল্ড-পোলের সম্মুখে আর্মেচারের যে-সকল পরিবাহী থাকে, তাহারা প্রধান ফীল্ডের বলরেখাকে বাঁকাইয়া

দেয় (distort করে), আর এক চুম্বক হইতে অন্য চুম্বকের অগ্রভাগ পর্যন্ত অংশে যে-সকল পরিবাহী থাকে, তাহারা প্রধান ফীল্ডের বলরেখার প্রখরতা হ্রাস (demagnetise) করে। কিন্তু মোটরের আর্মেচার দিয়া কারেন্ট যে অভিমুখে প্রবাহিত হয়, জেনারেটারের আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হয় তাহার বিপরীত অভিমুখে। সেইজন্য মোটরে উৎপন্ন আর্মেচারের চুম্বকত্ব জেনারেটারে উৎপন্ন আর্মেচারের চুম্বকত্বের ঠিক বিপরীত দিকে কাজ করে। লোডসহ চলিবার সময় জেনারেটারের ব্রাশে যাহাতে আগুন না দেয়, সেইজন্য যেমন ব্রাশকে আবশ্যক মত আর্মেচারের আবর্তনের অভিমুখে সরাইয়া দিতে হয়, তেমনি লোডসহ চলিবার সময় মোটরের ব্রাশকেও আর্মেচারের আবর্তনের বিপরীত দিকে আবশ্যক মত সরাইয়া দেওয়ার প্রয়োজন দেখা দেয়। ১০৩নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।

ডি. সি. মোটরে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া
১০৩ নং চিত্র

১০৩(ক)নং চিত্রে একটি দুই পোলের মোটর দেখানো হইয়াছে। মোটরের আর্মেচার দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে, আর উহার উত্তর মেরু বাঁদিকে অবস্থিত আছে। কেবল আর্মেচার-কয়েল দিয়াই কারেন্ট প্রবাহিত হইতেছে, ফীল্ড-কয়েলে কোন কারেন্ট

নাই। এখন, আর্মেচারের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ যে চুম্বক রেখাপ্রবাহ উৎপন্ন করিতেছে, তাহা মেরুদ্বয়ের অক্ষরেখার উপর লম্বভাবে অবস্থিত আছে। ইহার পরিমাণ ও অভিমুখ F_a-দ্বারা চিহ্নিত রেখাটির সাহায্যে ১০৩(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই চুম্বক রেখাপ্রবাহের সহিত প্রধান ফীল্ডের বলরেখা (F-দ্বারা চিহ্নিত রেখা) একত্রিত হইয়া চুম্বকক্ষেত্রে যে সমবেত বলরেখা উৎপন্ন করিতেছে, তাহার পরিমাণ ও অভিমুখের রেখা F_r-দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে। এইবার ১০৩(গ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, চুম্বকক্ষেত্রের এই সমবেত বলরেখা বাঁকিয়া গিয়াছে এবং উহার ঘনত্ব পোলের অগ্রভাগের যে অংশ দিয়া আর্মেচারের পরিবাহী পোলের নীচে প্রবেশ করিতেছে সেই দিকে বেশী, আর অন্য অংশের দিকে কম আছে। তাহা ছাড়া আরও দেখা যাইবে যে, F_r-এর সহিত লম্বভাবে অবস্থিত মোটরের উদাসীন অক্ষ (Neutral plane) আর্মেচারের আবর্তনের বিপরীত দিকে সরিয়া গিয়াছে। সেইজন্যই লোডসহ চলিবার সময় মোটরের ব্রাশকে আর্মেচারের আবর্তনের বিপরীত দিকে প্রয়োজন মত সরাইয়া দিতে হয়।

মোটর লোডসহ চলিবার সময় যদি আর্মেচার-কয়েলে রিয়্যাক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ (reactance voltage) আবিষ্ট না হইত, তবে ব্রাশের অক্ষরেখা মোটরের উদাসীন অক্ষের উপরেই অবস্থান করিতে পারিত। কিন্তু কয়েলে রিয়্যাক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় বলিয়াই ব্রাশের অক্ষরেখা উদাসীন অক্ষ হইতে আরও কিছুটা পিছাইয়া থাকে। ১০৩(ঘ)নং চিত্রে ইহাই দেখানো হইয়াছে। ব্রাশকে এইভাবে পিছাইয়া দেওয়াতে চুম্বকক্ষেত্রে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার ফল দুইভাবে দেখা দেয় : এক, প্রধান চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখা বাঁকিয়া যায়, এবং দুই, আংশিকভাবে প্রধান পোলের চুম্বকত্ব ক্ষয় হয়। আর্মেচার-চুম্বকত্বের F'_a অংশ F-এর বিপরীতমুখী হওয়াতে উহাই চুম্বকক্ষেত্রে বলরেখার সংখ্যা হ্রাস করে। এখন, যেহেতু আর্মেচারের গতিবেগ চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যার বিপরীত অনুপাতি, অতএব মোটরে যত বেশী লোড পড়ে, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া উহার গতিবেগ ততই বৃদ্ধি করিতে চেষ্টা করে। এমন কি, আর্মেচার আর পোলের মধ্যে যদি হাওয়ার ফাঁক (air-gap) কম থাকে, তবে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া এত বেশী প্রবল হইয়া উঠিতে পারে যে, গতিবেগ অতিরিক্ত বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য মোটরটি তখন সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হইতেও পারে। সেই কারণে আজকাল যে-সকল মোটর সাধারণতঃ দুই দিকেই পরিচালিত হয়, তাহাদের আর্মেচার আর ফীল্ডের মধ্যে হাওয়ার ফাঁক একই অভিমুখে চলা মোটর অপেক্ষা কিছু বেশী করিয়া রাখা থাকে। ইহাতে ঐ জায়গায় আর্মেচারের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের জোর অপেক্ষাকৃত কম হয়।

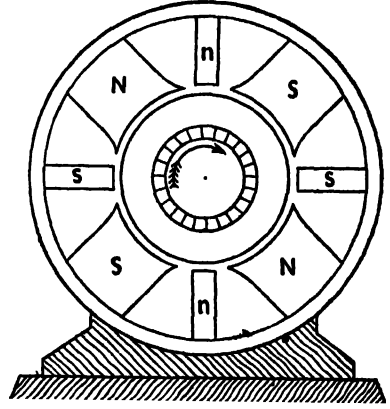
মোটর চলিতে থাকার সময় আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার দরুন যে-সকল অসুবিধা দেখা দেয়, তাহার প্রতিকার নিম্নলিখিত উপায়ে করা যাইতে পারে :—

(১) জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ হইতে ব্রাশকে সরাইয়া দেওয়ার জন্য আর্মেচারে যতটা চুম্বক বল-হ্রাসকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ উৎপন্ন হয়, ফীল্ড-কয়েলের পাকের সংখ্যা

বৃদ্ধি করিয়া উহার অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ ততটা বাড়াইয়া দিলে প্রধান চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা‚আর কম হইতে পারে না।

(২) মোটর তৈরীর পরিকল্পনা রচনার সময় উহার ফীল্ড-পোল দিয়া এত প্রখর চুম্বকত্বের ব্যবস্থা করা হয় যাহাতে পোলের মুখে লোহা প্রায় সংপৃক্ত অবস্থায় থাকে। ইহাতে আর্মেচারে উৎপন্ন চুম্বকত্ব প্রধান বলরেখাকে বড় বেশী বাঁকাইতে পারে না।

(৩) যাহাতে প্রধান বলরেখা না বাঁকিতে পারে, সেইজন্যও প্রত্যেক ফীল্ড-কয়েলে অতিরিক্ত পাক জড়ানো হয়। ইহার পরিমাণ ঠিক জেনারেটারের হিসাব মতই হইয়া থাকে।

(৪) রিয়্যাক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ ও আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া উভয়ের প্রতিকার একই সঙ্গে করিতে হইলে মোটরে সহায়ক-পোল (Interpole) ব্যবহার করাই সর্বশ্রেষ্ঠ উপায়। তবে মোটরের সহায়ক-পোলের মেরুত্ব জেনারেটারের সহায়ক-পোলের মেরুত্বের বিপরীত হওয়া চাই, অর্থাৎ মোটরের সহায়ক-পোলের মেরুত্ব এমন হওয়া চাই যাহাতে কোন এক আর্মেচার-কয়েল যখন উত্তর মেরুর এলাকা হইতে বাহির হইয়া দক্ষিণ মেরুর দিকে যায়, তখন উহা যেন সম্মুখে উত্তর মেরু-ওয়ালা সহায়ক-পোল পায়। ১০৪নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।

ডি. সি. মোটরে প্রধান পোল ও সহায়ক-পোলের অবস্থান
১০৪নং চিত্র

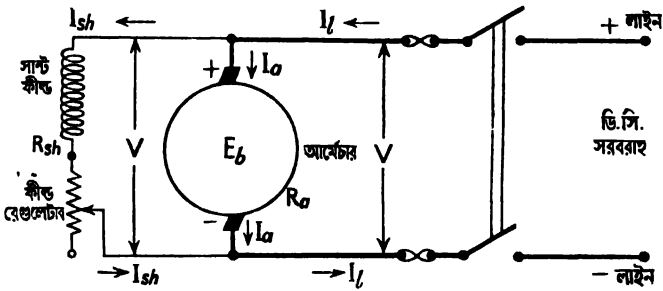
ডি. সি. মোটরের শ্রেণী-বিভাগ
(Classification of D. C. Motors)

ডি. সি. জেনারেটার আর ডি. সি. মোটর অভিন্ন মেসিন বলিয়া তাহাদের শ্রেণী-বিভাগও একই রকমের হইয়া থাকে। মেসিনের এই শ্রেণী-বিভাগ উহার আর্মেচারের সহিত ফীল্ড-কয়েল কিরূপে সংযুক্ত থাকে, প্রধানতঃ তাহার উপরেই নির্ভর করে। মোটরের ফীল্ডকেও উহার আর্মেচারের সহিত প্যার্যালেলে, সিরিজে এবং সিরিজ-প্যার্যালেলের সমবায়ে সংযুক্ত করা যায়, আর সেই অনুসারেই মেসিনকে তখন যথাক্রমে সাণ্ট মোটর, সিরিজ মোটর এবং কম্পাউণ্ড মোটর নামে অভিহিত করা হয়।

কম্পাউণ্ড মোটরের ফীল্ড-কয়েলকে আবার দুই রকমে সংযুক্ত করা চলে। আর্মেচারের সহিত এই মোটরের সিরিজ আর সাণ্ট ফীল্ডকে এমনভাবে সংযুক্ত করা

যায় যাহাতে তাহাদের মধ্য দিয়া কারেণ্ট একই দিকে প্রবাহিত হইতে পারে। তখন সিরিজ ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্ব সাণ্ট ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে আরও বাড়াইয়া তোলে। এই প্রকার মেসিন 'কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর' নামে পরিচিত। কিন্তু মোটরের ফীল্ড দুইটি দিয়া যখন কারেণ্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয়, তখন সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দেয়, আর সেই সঙ্গে সাণ্ট ফীল্ডের প্রখরতা অনেকাংশে কমিয়া যায়। এইরূপক্ষেত্রে মেসিনটিকে 'ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটর' বলা হইয়া থাকে।

৬-৮। সাণ্ট মোটর (Shunt Motor)

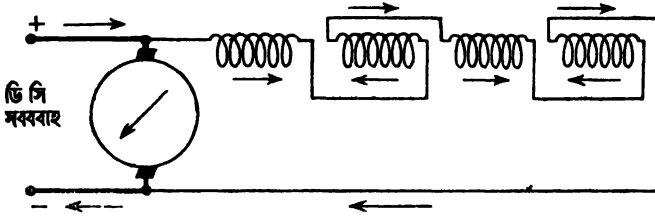
সাণ্ট জেনারেটারের ন্যায় সাণ্ট মোটরেও ফীল্ড-কয়েল আর্মেচারের সহিত প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত থাকে। পজিটিভ লাইন হইতে কারেণ্ট এই মোটরে প্রবেশ করে এবং পজিটিভ ব্রাশে আসিয়া তাহা দুইভাগে বিভক্ত হয়। এক ভাগ কারেণ্ট ফীল্ড দিয়া আর প্রধান ভাগ আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইয়া পুনরায় তাহারা নেগেটিভ ব্রাশে আসিয়া মিলিত হইবার পরে সেই মিলিত তড়িৎ-প্রবাহ নেগেটিভ লাইনে ফিরিয়া যায়। ১০৫নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।

সরবরাহ লাইনের সহিত সাণ্ট মোটরের সংযোগ

১০৫নং চিত্র

ফীল্ড দিয়া যে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তাহার পরিমাণ আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারণ্টের প্রায় শতকরা দশভাগ থাকে। কাজেই ফীল্ড-কয়েলের তার আর্মেচার-কয়েলের তারের তুলনায় খুব সরু হয়। সেইজন্য কোন মোটর দেখিয়া চিনিতে হইলে প্রথমেই উহার ফীল্ডের তার কতটা সরু বা মোটা তাহা পরীক্ষা করা উচিত, পরে দেখিতে হয় প্রত্যেক কুণ্ডলিতে কত পাক তার আছে। ঠিক জেনারেটারের মতই সাণ্ট মোটরে ফীল্ডের কুণ্ডলিতে সরু তারের বহু পাক থাকে, আর সেই কুণ্ডলির সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে একটি পরিবর্তনশীল রোধক (variable resistor)।

একটি সাণ্ট মোটরে যদি চারিটি ফীল্ড-পোল থাকে, তবে প্রত্যেক পোলের গায়ে জড়ানো কুণ্ডলি আর মোটবেব আর্মেচাব পবস্পবেব সহিত কিরূপে সংযুক্ত থাকে, তাহা ১০৬নং চিত্রে দেখানো হইল।

চারি পোল-ওয়ালা সাণ্ট মোটরের ফীল্ড কয়েল আর আর্মেচারের সংযোগ
১০৬নং চিত্র

এইবাব মনে কব, V =সববরাহ লাইনেব ভোণ্টেজ,

E_b =আর্মেচাবে আবিষ্ট বিপবীতমুখী তড়িচ্চালক বল,

I_a =আর্মেচাব-কাবেণ্ট,

I_{sh} =সাণ্ট ফীল্ড-কাবেণ্ট,

I_l =লাইন-কাবেণ্ট,

R_a =আর্মেচাবেব বোধ, এবং

R_{sh} =সাণ্ট ফীল্ডেব বোধ।

অতএব (৵০) $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$ অ্যাম্পিযাব,

(৵০) $I_a = I_l - I_{sh}$ অ্যাম্পিযাব,

(৶০) $E_b = V - I_a R_a$ − ব্রাশে তড়িৎ-চাপেব পতন

$= \phi Z \frac{N}{৬০} \frac{P}{A}$ ভোল্ট,

(।০) আর্মেচাবে উৎপন্ন মোট ক্ষমতাব পবিমাণ (Total power developed in the armature or Gross output of the motor)

$= E_b I_a$ ওয়াট $= \frac{E_b I_a}{১০০০}$ কিলোওয়াট

$= \frac{E_b I_a}{৭৪৬}$ অশ্ব-শক্তি,

(।৵০) আর্মেচাব পুলিতে অর্থাৎ লোডে যে ক্ষমতা সরবরাহ করে তাহার পবিমাণ, অর্থাৎ মোটরের কার্যকব আউটপুট বা উৎপাদিত শক্তি (Net or Useful or Actual output of the motor)

$= E_b I_a -$ (লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়) ওয়াট

$= \dfrac{E_b I_a - (\text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়})}{১০০০}$ কিলোওয়াট

$= \dfrac{E_b I_a - (\text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়})}{৭৪৬}$ অশ্ব-শক্তি বা

ব্রেক হর্স-পাওয়ার (B. H. P.),

(।৶৹) মোটরের আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণক (Total or Gross or Armature Torque developed by the motor)

$T = ০\cdot১৫৯\ \phi Z I_a \dfrac{P}{A}$ নিউটন-মিটার

$= ০\cdot০১৬২\ \phi Z I_a \dfrac{P}{A}$ কিলোগ্রাম-মিটার

$= ০\cdot১১৮\ \phi Z I_a \dfrac{P}{A}$ পাউণ্ড-ফুট,

আবার, $T = ০\cdot১৫৯ \left(\phi Z \dfrac{N}{৬০} \dfrac{P}{A}\right) I_a \times \dfrac{৬০}{N}$ নিউটন-মিটার

$= ০\cdot১৫৯\ E_b I_a \times \dfrac{৬০}{N}$ নিউটন-মিটার

$= ০\cdot১১৮\ E_b I_a \times \dfrac{৬০}{N}$ পাউণ্ড-ফুট,

(।৵৹) মোটরের কার্যকর ঘূর্ণক বা শাফ্‌ট টর্ক্‌ (Net or Useful or Shaft or Output Torque of the motor)

$T_{sh} = ০\cdot১৫৯ \times$ মোটরের কার্যকর আউটপুট (ওয়াট) $\times \dfrac{৬০}{N}$ নিউটন-মিটার

$= ০\cdot১১৮ \times$ মোটরের কার্যকর আউটপুট (ওয়াট) $\times \dfrac{৬০}{N}$ পাউণ্ড-ফুট,

(।।৹) মোটরের গৃহীত শক্তি বা ইনপুট (Input to the motor)
$= VI_l$ ওয়াট,

(।।৴৹) মোটরের কর্মক্ষমতা (Efficiency of the motor)

$= \dfrac{\text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি}}{\text{মোটরের গৃহীত শক্তি}}$,

আর মোটরের % কর্মক্ষমতা

$= \dfrac{\text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি}}{\text{মোটরের গৃহীত শক্তি}} \times ১০০$ ।

মোটরের কর্মক্ষমতা নির্ণয় করিবার সময় উহার উৎপাদিত শক্তি আর গৃহীত শক্তির একক (unit) অনুরূপ হইবে।

উদাহরণ ৬-৫। একটি ৫০০-ভোল্ট, ৯০-অশ্বশক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন, ৬-পোলের সান্ট মোটর প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোরে। ঐ মোটরের আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত এবং তাহার খাঁজে ৫০০টি পরিবাহী আছে। আর্মেচারের রোধ ০·১৫ ওম এবং সান্ট ফীল্ডের রোধ ৫০০ ওম। পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটরের কর্মক্ষমতা যদি শতকরা ৯০ ভাগ হয়, তবে

(ক) ফীল্ডের প্রতি পোলে উৎপন্ন বলরেখার সংখ্যা, আর

(খ) মোটরের কার্যকর ঘূর্ণক

কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে মোটরের আউটপুট = ৯০ অশ্ব-শক্তি,

∴ মোটরের কার্যকর ক্ষমতা = ৯০ × ৭৪৬

= ৬৭১৪০ ওয়াট,

$V=$ ৫০০ ভোল্ট,

$N=$ প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক,

$P=$ ৬,

$A=$ ২ (ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া),

$Z=$ ৫০০,

$R_a=$ ০·১৫ ওম,

$R_{sh}=$ ৫০০ ওম,

এবং মোটরের কর্মক্ষমতা = ৯০%।

$$\text{মোটরের ইনপুট} = \frac{\text{মোটরের আউটপুট} \times ১০০}{\text{মোটরের \% কর্মক্ষমতা}}$$

$$= \frac{৬৭১৪০ \times ১০০}{৯০}$$

= ৭৪৬০০ ওয়াট।

কিন্তু মোটরের ইনপুট = VI_l ওয়াট।

$$\therefore\ I_l = \frac{\text{মোটরের ইনপুট}}{V} = \frac{৭৪৬০০}{৫০০}$$

= ১৪৯·২ অ্যাম্পিয়ার।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{৫০০}{৫০০} = ১\cdot০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore\ I_a = I_l - I_{sh} = ১৪৯\cdot২ - ১\cdot০$$

= ১৪৮·২ অ্যাম্পিয়ার।

উদাহরণে কোন উল্লেখ না থাকায় ব্রাশে যে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি হয়, তাহা অগ্রাহ্য করিতে হইবে।

$$\therefore\ E_b = V - I_aR_a = ৫০০ - ১৪৮\cdot২ \times ০\cdot১৫$$

= ৪৭৭·৭৭ ভোল্ট।

(ক) $E_b = \phi Z \frac{N}{৬০} \frac{P}{A}$ ভোল্ট,

$$\therefore \quad \phi = \frac{৬০ E_b A}{ZNP} = \frac{৬০ \times ৪৭৭\cdot৭৭ \times ২}{৫০০ \times ১০০০ \times ৬}$$

$= ০\cdot০১৯১$ ওয়েবার/পোল।

(খ) $T_{sh} = ০\cdot১৫৯ \times$ মোটরের কার্যকর আউটপুট (ওয়াট) $\times \frac{৬০}{N}$

$= ০\cdot১৫৯ \times ৬৭১৪০ \times \frac{৬০}{১০০০}$

$= ৬৪১\cdot২$ নিউটন-মিটার।

উদাহরণ ৬-৬। লোডশূন্য অবস্থায় একটি ডি. সি. সান্ট মোটর প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক ঘোরে। লোড দেওয়ার পরে ঐ মোটরের গতিবেগ কমিয়া যদি প্রতি মিনিটে ১১৫০ পাক (r. p. m.) হয়, তবে উহার "স্পীড্ রেগুলেশন" (speed regulation) কত?

মোটরের স্পীড্ রেগুলেশন

$$= \frac{(\text{লোডশূন্য অবস্থার গতিবেগ}) - (\text{লোড দেওয়ার পরের গতিবেগ})}{(\text{লোড দেওয়ার পরের গতিবেগ})}$$

$$= \frac{১২০০ - ১১৫০}{১১৫০}।$$

$$\therefore \quad \% \text{ স্পীড্ রেগুলেশন} = \frac{১২০০ - ১১৫০}{১১৫০} \times ১০০$$

$$= \frac{১০০}{২৩} = ৪\cdot৩৪\%।$$

উদাহরণ ৬-৭। একটি ২৩০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী ডি. সি. সান্ট মোটর লোড-শূন্য অবস্থায় সরবরাহ লাইন হইতে ৫·০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোরে। মেসিনের আর্মেচারের রোধ ০·০২৫ ওম এবং সান্ট ফীল্ডের রোধ ২৩০ ওম। লোড দেওয়ার পরে এই মোটর যদি সরবরাহ লাইন হইতে ৪১ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতে আরম্ভ করে, তবে উহার গতিবেগ কতটা কমিবে?

এখানে $V = ২৩০$ ভোল্ট,

$R_a = ০\cdot০২৫$ ওম, এবং

$R_{sh} = ২৩০$ ওম।

সান্ট ফীল্ডের কারেন্ট

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২৩০}{২৩০}$$

$= ১\cdot০$ অ্যাম্পিয়ার।

I_{sh} সাধারণতঃ লোডের সকল অবস্থাতেই সমান থাকে।

মোটর যখন লোডশূন্য অবস্থায় চলে,

তখন $I_{lo}=$৫ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $N_o=$প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক।

অতএব, $I_{ao}=I_{lo}-I_{sh}$

$=$৫·০ $-$ ১·০

$=$৪·০ অ্যাম্পিয়ার।

আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ

$E_{bo}=V-I_{ao}R_a$

$=$২৩০ $-$ ৪ $\times$ ০·০২৫

$=$২২৯·৯ ভোল্ট।

মোটরে যখন লোড দেওয়া হয়,

তখন $I_l=$৪১·০ অ্যাম্পিয়ার।

$\therefore$ $I_a=I_l-I_{sh}=$৪১·০ $-$ ১·০

$=$৪০ অ্যাম্পিয়ার,

আর $E_b=V-I_a R_a$

$=$২৩০ $-$ ৪০ $\times$ ০·০২৫

$=$২২৯·০ ভোল্ট।

এখন, মোটরের গতিবেগ $N=K'\frac{E_b}{\phi}$। সাণ্ট মোটরের ক্ষেত্রে উদাহরণে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার কোন উল্লেখ না থাকিলে ϕ-কে অপরিবর্তিত সংখ্যা হিসাবে ধরা হয়। তখন মোটরের গতিবেগ কেবলমাত্র আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের সমানুপাতি থাকে।

$\therefore$ $N \propto E_b$

এবং $N_o \propto E_{bo}$।

অতএব, $\frac{N}{N_o}=\frac{E_b}{E_{bo}}$।

$\therefore$ $N=\frac{N_o \times E_b}{E_{bo}}$

$=\frac{১০০০ \times ২২৯·০}{২২৯·৯}$

$=$৯৯৬ পাক/মিনিটে,

আর $N-N_o=$১০০০ $-$ ৯৯৬

$=$৪·০ পাক/মিনিটে।

সুতরাং, মোটরের গতিবেগ প্রতি মিনিটে ৪ পাক কমিবে।

উদাহরণ ৬-৮। ৩৩ ফুট উপরে একটি ট্যাংক—এতে প্রতি মিনিটে যদি ৩০০ গ্যালন জল উঠাইতে হয়, তাহা হইলে কত এইচ পি মোটর লাগিবে (মোটর এফিসিয়েন্সি ৭৫ পারসেন্ট)। ৪৫০ ভোল্ট ডি সি সাপ্লাই হইলে, ঐ মোটর কত কারেন্ট লইবে ?

(Elec. Sup. ; July, 1970)

১ গ্যালন জলের ওজন = ১০ পাউণ্ড,

∴ ৩০০ গ্যালন জলের ওজন = ১০ × ৩০০ = ৩০০০ পাউণ্ড।

প্রতি মিনিটে ৩০০০ পাউণ্ড জল ৩৩ ফুট উপরে উঠাইতে হয়। সুতরাং ইহার দ্বারা প্রতি মিনিটে যে কাজ করা হয়, তাহার পরিমাণ

= ৩৩ × ৩০০০

= ৯৯০০০ ফুট-পাউণ্ড।

এখন, ১ অশ্ব-শক্তি = প্রতি মিনিটে ৩৩০০০ ফুট-পাউণ্ড কাজের সমান।

∴ ৯৯০০০ ফুট-পাউণ্ড = $\frac{৯৯০০০}{৩৩০০০}$ = ৩·০ অশ্ব-শক্তি।

অতএব, ৩·০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন মোটর এই কাজে ব্যবহার করিতে হইবে।

মোটরের উৎপাদিত শক্তি বা আউটপুট = ৩·০ অশ্ব-শক্তি

= ৩ × ৭৪৬

= ২২৩৮ ওয়াট।

মোটরের কর্মক্ষমতা = ৭৫%।

৭৫ = $\frac{২২৩৮ \times ১০০}{\text{মোটরের গৃহীত শক্তি বা ইনপুট}}$

অতএব, মোটরের গৃহীত শক্তি বা ইনপুট = $\frac{২২৩৮ \times ১০০}{৭৫}$

= ২৯৮৪ ওয়াট।

আবার, মোটরের গৃহীত শক্তি = $V \times I_l$ ওয়াট।

∴ $I_l = \frac{\text{মোটরের গৃহীত শক্তি}}{V}$

= $\frac{২৯৮৪}{৪৫০}$

= ৬·৬৩ অ্যাম্পিয়ার।

অতএব, মোটর ৬·৬৩ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইবে।

উদাহরণ ৬-৯। **একটি ২৫০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী সান্ট মোটর পূরা লোডসহ চলিবার সময় সরবরাহ লাইন হইতে ২০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। সান্ট ফীল্ডের রোধ ২০০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০·৩ ওম। ঐ মোটরের**

(ক) আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট, এবং

(খ) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ

কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ২৫০$ ভোল্ট,

$I_l = ২০$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_{sh} = ২০০$ ওম,

এবং $R_a = ০·৩$ ওম।

(ক) $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২৫০}{২০০}$

$= ১·২৫$ অ্যাম্পিয়ার।

$\therefore \quad I_a = I_l - I_{sh} = ২০·০ - ১·২৫$

$= \underline{১৮·৭৫ \text{ অ্যাম্পিয়ার}}$।

(খ) $E_b = V - I_a R_a = ২৫০ - ১৮·৭৫ \times ০·৩$

$= \underline{২৪৪·৩৭ \text{ ভোল্ট}}$।

উদাহরণ ৬-১০। **একটি ২২০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী সান্ট মোটর লোডশূন্য অবস্থায় সরবরাহ লাইন হইতে ৬ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৭৫০ পাক ঘোরে। সান্ট ফীল্ডের রোধ ১১০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০·২৫ ওম। লোড দেওয়ার পরে ঐ মোটর যদি সরবরাহ লাইন হইতে ৫২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতে থাকে, তবে উহার গতিবেগ কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখা শতকরা ৪ ভাগ কম করে।**

এখানে $V = ২২০$ ভোল্ট,

$R_{sh} = ১১০$ ওম,

এবং $R_a = ০·২৫$ ওম।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২২০}{১১০} = ২·০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

এই উদাহরণে V এবং R_{sh} অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া লোডের সকল অবস্থাতেই $I_{sh} = ২·০$ অ্যাম্পিয়ার হয়।

মোটর যখন লোডশূন্য অবস্থায় চলে,

তখন গতিবেগ $N_o =$ প্রতি মিনিটে ৭৫০ পাক,

লাইন-কারেন্ট $I_{lo} = ৬·০$ অ্যাম্পিয়ার।

অতএব, আর্মেচার-কারেন্ট $I_{ao} = I_{lo} - I_{sh} = ৬·০ - ২·০$

$= ৪·০$ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $E_{bo} = V - I_{ao} R_a = ২২০ - ৪·০ \times ০·২৫$

$= ২১৯$ ভোল্ট।

আবার $E_{bo}=\phi_o Z \frac{N_o}{৬০} \frac{P}{A}$ ভোল্ট।

কিন্তু Z, P এবং A—এই তিনটি সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না।

$\therefore \quad E_{bo}=K\,\phi_o\,N_o$ ভোল্ট।

এখানে $K=\frac{ZP}{৬০A}$, এবং ইহা একটি অপরিবর্তিত সংখ্যা

মোটরে যখন লোড দেওয়া হয়,

তখন লাইন-কারেন্ট $I_l=৫২\cdot০$ অ্যাম্পিয়ার।

অতএব, আর্মেচার-কারেন্ট $I_a=I_l-I_{sh}=৫২\cdot০-২\cdot০$

$=৫০\cdot০$ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $E_b=V-I_aR_a=২২০\cdot০-৫০\cdot০\times০\cdot২৫$

$=২০৭\cdot৫$ ভোল্ট।

আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখা শতকরা ৪ ভাগ কম করে বলিয়া লোডশূন্য অবস্থায় মোটরের প্রতি পোলে বলরেখার সংখ্যা যত থাকে, লোড দেওয়ার পরে সেই সংখ্যা কমিয়া শতকরা ৯৬ ভাগে দাঁড়ায়; অর্থাৎ

$$\phi=\frac{৯৬}{১০০}\phi_o=০\cdot৯৬\phi_o।$$

$$\therefore \quad E_b=K\phi N=KN\times০\cdot৯৬\phi \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{অতএব, } \frac{E_b}{E_{bo}}=\frac{KN\times০\cdot৯৬\phi_o}{KN_o\phi_o}=\frac{০\cdot৯৬N}{N_o},$$

$$\text{এবং } N=\frac{E_b\times N_o}{E_{bo}\times০\cdot৯৬}=\frac{২০৭\cdot৫\times৭৫০}{২১৯\times০\cdot৯৬}$$

$$=৭৪০ \text{ পাক/মিনিটে।}$$

উদাহরণ ৬ ১১। **কোন এক ডি. সি মোটর যখন প্রতি মিনিটে ৯৫০ পাক ঘোরে, তখন উহার শাফ্‌ট টর্ক ৮৫০ পাউণ্ড-ফুট হয়। ঐ মোটর লোডকে কত অশ্ব-শক্তি সরবরাহ করে?**

$$\text{অশ্ব-শক্তি}=\frac{২\pi T_{sh}N}{৩৩০০০}=\frac{২\times৩\cdot১৪\times৮৫০\times৯৫০}{৩৩০০০}$$

$$=১৫৩\cdot৮।$$

সুতরাং, মোটর লোডকে ১৫৩·৮ অশ্ব-শক্তি সরবরাহ করে।

উদাহরণ ৬-১২। **একটি মোটরের শাফ্‌টে যখন ১০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতা পাওয়া যায়, তখন উহার কার্যকর ঘূর্ণক ৮২ পাউণ্ড-ফুট হয়। ঐ মোটরের গতিবেগ কত?**

এখানে অশ্ব-শক্তি $=১০$,

এবং $T_{sh}=৮২$ পাউণ্ড-ফুট।

$$\text{অশ্ব-শক্তি}=\frac{২\pi T_{sh}N}{৩৩০০০},$$

$$\text{অতএব, } N = \frac{\text{অশ্ব-শক্তি} \times ৩৩০০০}{২\pi T_{sh}}$$

$$= \frac{১০ \times ৩৩০০০}{২ \times ৩.১৪ \times ৮২}$$

= ৬৪০ পাক (প্রতি মিনিটে)।

উদাহরণ ৬-১৩। একটি ডি.সি. মোটর ১০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ১৭৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। ঐ মোটরের উৎপাদিত শক্তি যদি ২২.৫ ব্রেক্ হর্স পাওয়ার হয়, তবে উহার কর্মক্ষমতা কত?

এখানে V = ১০০ ভোল্ট,

I_l = ১৭৫ অ্যাম্পিয়ার,

এবং আউটপুট = ২২.৫ অশ্ব-শক্তি।

মোটরের আউটপুট = ২২.৫ অশ্ব-শক্তি

= ২২.৫ × ৭৪৬ = ১৬৭৮৫ ওয়াট।

মোটরের ইনপুট = $V \times I_l$ = ১০০ × ১৭৫

= ১৭৫০০ ওয়াট।

$$\therefore \quad \text{কর্মক্ষমতা} = \frac{১৬৭৮৫}{১৭৫০০} \times ১০০$$

= ৯৫.৯%।

উদাহরণ ৬-১৪। একটি ১০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন ডি. সি. সান্ট মোটর ৫০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ১৮ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৬০০ পাক ঘোরে। এই মোটরের কর্মক্ষমতা এবং কার্যকর ঘূর্ণক (পাউণ্ড-ফুট) কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১০ অশ্ব-শক্তি,

V = ৫০০ ভোল্ট,

I_l = ১৮ অ্যাম্পিয়ার,

এবং N = প্রতি মিনিটে ৬০০ পাক।

মোটরের গৃহীত শক্তি = $V \times I_l$ = ৫০০ × ১৮

= ৯০০০ ওয়াট।

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১০ অশ্ব-শক্তি

= ১০ × ৭৪৬ = ৭৪৬০ ওয়াট।

$$\therefore \quad \text{মোটরের কর্মক্ষমতা} = \frac{৭৪৬০}{৯০০০} \times ১০০ .$$

= ৮২.৮৮%।

$$\text{অশ্ব-শক্তি} = \frac{২\pi T_{sh} N}{৩৩০০০},$$

$$\text{অতএব,}\quad T_{sh} = \frac{\text{অশ্ব-শক্তি} \times ৩৩০০০}{২\pi N}$$

$$= \frac{১০ \times ৩৩০০০}{২ \times ৩\cdot১৪ \times ৬০০}$$

$$= ৮৮\cdot০২ \text{ পাউণ্ড-ফুট ।}$$

উদাহরণ ৬.১৫। একটি ডি সি সাণ্ট মোটর ২২০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৮০০ পাক ঘোরে। সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ৫০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০.১ ওম। যদি মোটরের লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয় একত্রে ১৬০০ ওয়াট হয়, তবে মোটরের (ক) ব্রেক হর্স পাওয়ার ; (খ) শাফ্‌ট্ টর্ক্, এবং (গ) কর্মক্ষমতা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ২২০$ ভোল্ট,
$I_l = ৮০$ অ্যাম্পিয়ার,
$N =$ প্রতি মিনিটে ৮০০ পাক,
$R_{sh} = ৫০$ ওম,
এবং $R_a = ০\cdot১$ ওম।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২২০}{৫০}$$

$$= ৪\cdot৪ \text{ অ্যাম্পিয়ার ।}$$

$$\therefore\quad I_a = I_l - I_{sh} = ৮০ - ৪\cdot৪$$

$$= ৭৫\cdot৬ \text{ অ্যাম্পিয়ার ।}$$

$$E_b = V - I_a R_a = ২২০ - ৭৫\cdot৬ \times ০\cdot১$$

$$= ২১২\cdot৪৪ \text{ ভোল্ট ।}$$

(ক) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ক্ষমতার পরিমাণ

$$= E_b I_a = ২১২\cdot৪৪ \times ৭৫\cdot৬$$

$$= ১৬০৫০ \text{ ওয়াট ।}$$

মোটরের কার্যকর আউটপুট

$$= E_b I_a - (\text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়})$$

$$= ১৬০৫০ - ১৬০০ = ১৪৪৫০ \text{ ওয়াট ।}$$

$$\therefore\quad \text{মোটরের ব্রেক হর্স পাওয়ার} = \frac{১৪৪৫০}{৭৪৬} = ১৯\cdot৩৭ \text{ অশ্ব-শক্তি ।}$$

(খ) শাফ্‌ট টর্ক $T_{sh} = \frac{\text{ব্রেক হর্স পাওয়ার} \times ৩৩০০০}{২\pi N}$

$= \frac{১৯{\cdot}৩৭ \times ৩৩০০০}{২ \times ৩{\cdot}১৪ \times ৮০০}$

$=$ ১২৭·৩ পাউণ্ড-ফুট।

(গ) মোটরের ইনপুট $= VI_l =$ ২২০ × ৮০

= ১৭৬০০ ওয়াট।

∴ মোটরে কর্মক্ষমতা $= \frac{\text{মোটরের কার্যকর আউটপুট}}{\text{মোটরের ইনপুট}} \times ১০০$

$= \frac{১৪৪৫০}{১৭৬০০} \times ১০০$

= ৮২·১%।

উদাহরণ ৬-১৬। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট এবং ১৫ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন সান্ট মোটর ২৪০-ভোল্ট সরবরাহ লাইনে যুক্ত আছে। যখন ঐ মোটরের আর্মেচার দিয়া ৫০ অ্যাম্পিয়ার এবং ফীল্ড দিয়া ১০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তখন উহা প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোরে। আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত এবং উহার খাঁজে ৫৪০টি পরিবাহী আছে। যদি আর্মেচারের রোধ ০১ ওম হয় এবং প্রতি ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন ১ ভোল্ট হিসাবে ধরা যায়, তবে মোটরের (ক) কার্যকর ঘূর্ণক, (খ) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণকের পরিমাণ, (গ) প্রতি চুম্বকে উৎপন্ন বলরেখার সংখ্যা, (ঘ) লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়, এবং (ঙ) কর্মক্ষমতা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V =$ ২৪০ ভোল্ট,

$P =$ ৪,

$A =$ ২ (ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া),

$I_a =$ ৫০ অ্যাম্পিয়ার,

$I_{sh} =$ ১·০ অ্যাম্পিয়ার,

$N =$ প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক,

$Z =$ ৫৪০,

$R_a =$ ০·১ ওম,

আউটপুট = ১৫ অশ্ব-শক্তি,

এবং ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন = ১ × ২ = ২ ভোল্ট।

$E_b = V - I_a R_a -$ ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন

= ২৪০ − ৫০ × ০·১ − ২ = ২৩৩ ভোল্ট।

(ক) মোটরের কার্যকর ঘূর্ণক $T_{sh} = \frac{১৫ \times ৩৩০০০}{২ \times ৩{\cdot}১৪ \times ১০০০}$

= ৭৮·৮ পাউণ্ড-ফুট।

(খ) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণক

$$T = ০\text{'}১১৮ \times E_b I_a \times \frac{৬০}{N}$$

$$= ০\text{'}১১৮ \times ২৩৩ \times ৫০ \times \frac{৬০}{১০০০} = ৮২\text{'}০ \text{ পাউণ্ড-ফুট}$$

(গ) $E_b = \phi Z \frac{N}{৬০} \frac{P}{A}$ ভোল্ট।

$$\therefore \phi = \frac{৬০\ E_b\ A}{ZNP}$$

$$= \frac{৬০ \times ২৩৩ \times ২}{৫৪০ \times ১০০০ \times ৪} = ০\text{'}০১৩ \text{ ওয়েবার/পোল।}$$

(ঘ) আর্মচারে উৎপন্ন মোট ক্ষমতার পরিমাণ

$$= E_b I_a = ২৩৩ \times ৫০ = ১১৬৫০ \text{ ওয়াট।}$$

মোটরের কার্যকর আউটপুট

= ১৫ অশ্ব-শক্তি

= ১৫ × ৭৪৬ = ১১১৯০ ওয়াট।

∴ লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়

= ১১৬৫০ − ১১১৯০ = ৪৬০ ওয়াট।

(ঙ) $I_l = I_a + I_{sh} = ৫০\text{'}০ + ১\text{'}০ = ৫১$ অ্যাম্পিয়ার।

মোটরের ইনপুট $= V \times I_l = ২৪০ \times ৫১ = ১২২৪০$ ওয়াট।

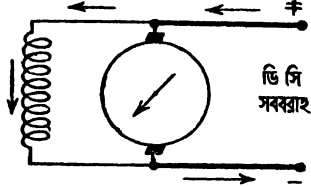
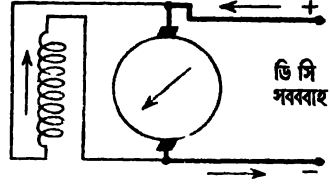
$$\therefore \text{মোটরের কর্মক্ষমতা} = \frac{১১১৯০}{১২২৪০} \times ১০০ = ৯১\text{'}৪\%।$$

(১) সাণ্ট মোটরের আবর্তনের দিক-পরিবর্তন (Change of Direction of Rotation of a D. C. Shunt Motor)

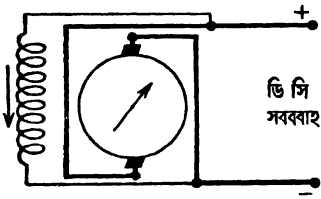
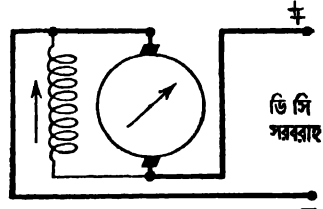
ফ্লেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম অনুসারে বাঁ হাতের বুড়া আঙ্গুল, তর্জনী আর মাঝের আঙ্গুল পরস্পরের সমকোণে (১০১নং চিত্রের ন্যায়) বাঁকাইয়া ধর। যদি তর্জনীর (অর্থাৎ চুম্বক বলরেখার) অভিমুখ ঠিক রাখিয়া মাঝের আঙ্গুলের (অর্থাৎ তড়িৎ প্রবাহের) অভিমুখ বিপরীত করা যায়, তবে দেখা যাইবে যে তাহাতে বুড়া আঙ্গুলের অভিমুখ উল্টা হইয়া গিয়াছে। ফ্লেমিং-এর নিয়মে বুড়া আঙ্গুলের অভিমুখ মেসিনের আবর্তনের অভিমুখ নির্দেশ করে। অতএব বুঝা যাইতেছে যে, ফীল্ড-পোলের মেরুত্ব ঠিক রাখিয়া আর্মেচার দিয়া কারেণ্ট বিপরীত দিকে পাঠাইলে মোটর উল্টা দিকে ঘোরে। কিন্তু যদি তর্জনী আর মাঝের আঙ্গুল—এই দুইয়েরই অভিমুখ উল্টা করিয়া দেওয়া যায়, তবে বুড়া আঙ্গুলের (অর্থাৎ আবর্তনের) অভিমুখ অপরিবর্তিত থাকে।

এই মূল নীতির বশে কোন মোটরকে উল্টা দিকে ঘুরাইতে হইলে হয় উহার আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করিতে হয়, আর না হয় ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হয়। কিন্তু যদি ফীল্ড আর আর্মেচার উভয়েরই সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়া যায়, তবে মোটর আগের মতই ঘুরিতে থাকে। সাণ্ট মোটর উল্টা দিকে ঘুরাইতে হইলে

উহার ফীল্ড এবং আর্মেচারের সংযোগ কি কি উপায়ে বদল করিতে হয়, তাহা ১০৭নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই চিত্র ভালভাবে লক্ষ্য করিলে উপরে যাহা বলা হইয়াছে, তাহা খুব সহজেই বুঝিতে পারিবে।

(ক)

মনে কর, মোটরের আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে। ফীল্ড এবং আর্মেচার উভয়ের মধ্য দিয়া কারেন্ট একই দিকে, অর্থাৎ উপর হইতে নীচের দিকে, প্রবাহিত হইতেছে।

(খ)

এই চিত্রে কেবলমাত্র ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দেখানো হইয়াছে, আর্মেচার দিয়া কারেন্ট আগের মতই উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। ইহাতে মোটর দক্ষিণাবর্তে, অর্থাৎ (ক) চিত্রের বিপরীত দিকে, ঘুরিবে।

(গ)

এই চিত্রে কেবলমাত্র আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করিয়া দেখানো হইয়াছে, ফীল্ডের সংযোগ (ক) চিত্রের অনুরূপই আছে। এইরূপ সংযোগের ফলেও আর্মেচার দক্ষিণাবর্তে, অর্থাৎ (ক) চিত্রের বিপরীত দিকে, ঘুরিবে।

(ঘ)

এই চিত্রে ফীল্ড আর আর্মেচার উভয়েরই সংযোগ উল্টা করিয়া দেখানো হইয়াছে। ইহাতে আর্মেচার (ক) চিত্রের অনুরূপ দিকেই, অর্থাৎ বামাবর্তেই, ঘুরিতে থাকিবে।

সান্ট মোটরের আবর্তনের দিক-পরিবর্তন
১০৭নং চিত্র

(২) সান্ট মোটরের বিভিন্ন প্রকারের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার
(Different Characteristics and Uses of Shunt Motors)

যে তিনটি মূল সূত্র হইতে মোটরের প্রকৃতিগত বিশিষ্টতা জানিতে পারা যায়, তাহাদের সম্বন্ধে ইতিপূর্বেই বলা হইয়াছে। এই তিনটি বিষয় হইল :—

(ক) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল,

(খ) আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট, আর

(গ) আর্মেচারে উৎপন্ন ঘূর্ণক।

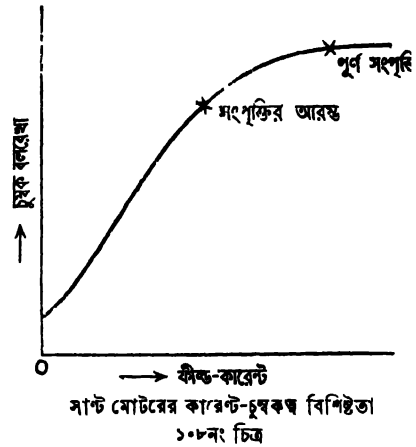
প্রকৃতিগত বিশিষ্টতা বলিতে বুঝায়, ভিন্ন ভিন্ন লোডসহ চলিতে গেলে (অর্থাৎ মোটরের আর্মেচার দিয়া ভিন্ন ভিন্ন কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে থাকিলে) কোন্ মোটরের উত্তেজন কিভাবে বদলায়, কোন্ মোটর কত জোরে ঘোরে, আর্মেচারে কত ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়, আর্মেচার কত জোরে ঘুরিলে ঘূর্ণক কিভাবে বাড়ে-কমে—এই সমস্ত। বিশিষ্টতা খুব স্পষ্ট করিয়া দেখানো যায়, যদি তাহাদের রেখাচিত্রের আকারে প্রকাশ করা হয়।

(১) সাণ্ট মোটরের 'কারেণ্ট-চুম্বকত্ব' বিশিষ্টতা (Flux-Current Characteristic of a Shunt Motor) :—

কোন মোটরের ফীল্ড-কয়েল দিয়া ক্রম-বর্ধিত কারেণ্ট পাঠাইতে থাকিলে উহার ফীল্ড যেভাবে গড়িয়া ওঠে, মোটরের কারেণ্ট-চুম্বকত্ব বিশিষ্টতা বলিতে তাহাই বুঝায়। এই বিশিষ্টতা-রেখা জেনারেটারের সংপৃক্তি রেখার অনুরূপ। ফীল্ড-কারেণ্ট যেমন বৃদ্ধি পাইতে থাকে, মোটরের চুম্বকত্বও প্রথমে সেই অনুপাতে বৃদ্ধি পাইয়া সংপৃক্তি বিন্দু বা স্যাচুরেশন পয়েণ্ট পর্যন্ত আসে। পরে কারেণ্ট বৃদ্ধি পাইলে চুম্বক বলরেখাও বৃদ্ধি পায় বটে, কিন্তু ঠিক কারেণ্টের অনুপাতে বৃদ্ধি পায় না। অবশেষে পোল-কোরের লোহা যখন সম্পূর্ণ সংপৃক্ত হয়, তখন ফীল্ড-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ যতই বাড়ানো হউক না কেন, চুম্বক-রেখা আর বাড়ে না। ১০৮নং চিত্রে তড়িৎ-প্রবাহের সঙ্গে ফীল্ডের চুম্বক বলরেখা কিভাবে বৃদ্ধি পায়, তাহা দেখানো হইয়াছে। এই চিত্র হইতে দেখা যাইবে যে, বিশিষ্টতা-রেখা একেবারে শূন্যমান হইতে আরম্ভ হয় না, কিছুটা উপরে শুরু হয়। ইহার কারণ, ফীল্ড-কয়েলে যখন তড়িৎ-প্রবাহ একেবারেই থাকে না, তখনও ফীল্ড-পোল দিয়া সামান্য কিছু বলরেখা বাহির হইতে

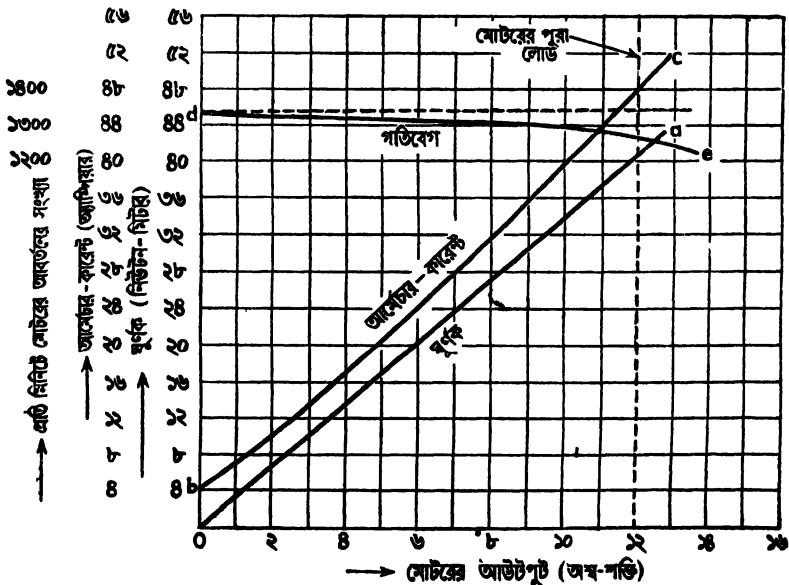
সাণ্ট মোটরের কারেণ্ট-চুম্বকত্ব বিশিষ্টতা
১০৮নং চিত্র

থাকে। ইংরাজিতে ইহাকে "রেসিডিউয়্যাল ফীল্ড" (Residual Field) আর বাংলায় "চুম্বকক্ষেত্রের অবশেষ" বলা হয়। ফীল্ড-কয়েল দিয়া কারেণ্ট পাঠানোর পরে যতদূর পর্যন্ত রেখাচিত্র সোজা ওঠে, ততদূর পর্যন্ত চুম্বক-রেখা কারেণ্টের সমানুপাতি থাকে। যেখানে সংপৃক্তি আরম্ভ হয়, সেখান হইতে রেখাচিত্র ডানদিকে বাঁকিতে আরম্ভ করে, এবং চুম্বক পূর্ণ সংপৃক্ত হওয়ার পরে রেখাচিত্র বাঁকিয়া একেবারে অনুভূমিক অবস্থায় চলিয়া আসে। তখন ফীল্ড-কারেণ্ট যতই বাড়ানো হউক না কেন, চুম্বক বলরেখা আর বিশেষ বৃদ্ধি পায় না।

কারেণ্ট-চুম্বকত্ব বিশিষ্টতা সকল শ্রেণীর মোটরেরই একরকম হয়।

(২) **লোডের সহিত সাণ্ট মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের সম্বন্ধ (Torque-Load Characteristic of a Shunt Motor) :—**

ডি. সি. মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণক $T = K\phi I_a$ নিউটন-মিটার। এই সূত্র অনুসারে K সংখ্যাটি সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া কেবলমাত্র চুম্বক বলরেখা (ϕ) আর আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেণ্ট (I_a) প্রয়োজনমত বাড়ানো বা কমানো চলে। ফীল্ড-কয়েলে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ কম-বেশী করিলেই চুম্বক বলরেখার সংখ্যা পরিবর্তিত হয়, আর লোড যখন কম বা বেশী হইতে থাকে, তখনই আর্মেচার-কারেণ্টে পরিবর্তন দেখা দেয়। আর্মেচার দিয়া যত বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, মোটর তত বেশী ঘূর্ণক উৎপন্ন করে, অর্থাৎ মোটর তত বেশী টান দেয়, আর ফীল্ড যত বেশী জোরাল হয়, ঘূর্ণকের পরিমাণও তত বৃদ্ধি পায়।

লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যদি মোটরের আর্মেচারে উৎপন্ন ঘূর্ণকের জোর না বাড়ে, তবে লোডসহ মোটর যে চলিতে পারে না তাহা সহজেই বুঝা যায়। সাণ্ট মোটরের ক্ষেত্রে লোডের সঙ্গে এই ঘূর্ণক কিভাবে বৃদ্ধি পায়, তাহাই এখন আলোচনা করা হইতেছে।

মোটরের শাফ্‌টে লোড দিলেই সঙ্গে সঙ্গে আর্মেচারের গতিবেগ সামান্য কিছুটা কমিয়া যায়। সাণ্ট মোটরের ফীল্ড-কারেণ্ট আর সেই সঙ্গে চুম্বক বলরেখার সংখ্যা মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া গতিবেগ যতটা কমে, আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীত-মুখী তড়িৎ-চাপও ততটাই হ্রাস পায়। ফলে আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের

সাণ্ট মোটরের বিভিন্ন বিশিষ্টতা-রেখা

১২৯নং চিত্র

পরিমাণ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, এবং যতক্ষণ পর্যন্ত লোডসহ চলিবার মত উপযুক্ত ঘূর্ণক মোটরে উৎপন্ন না হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত আর্মেচার-কারেণ্ট ক্রমাগতই বৃদ্ধি পাইতে থাকে। এই কারণে সাণ্ট মোটর সর্বদাই "স্থায়ী সাম্যাবস্থায়" (stable equilibrium) চলে, এইরূপ বলা হয়; কারণ লোড কম-বেশী হইলে আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের পরিমাণ এমনভাবে পরিবর্তিত হয় যে, মোটর তখন আপনা হইতেই উপযুক্ত ঘূর্ণক উৎপন্ন করিয়া সেই লোডসহ যথানিয়মে চলিতে পারে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, সাণ্ট মোটরে যে ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়, তাহা লোড অথবা আর্মেচার-কারেণ্টের সমানুপাতি। লোড বাড়িলে আর্মেচার-কারেণ্ট বাড়ে, আর সেই সঙ্গে ঘূর্ণকও বৃদ্ধি পাইয়া বেশী লোডসহ মোটরটিকে চলিতে সহায়তা করে। আবার লোড যখন কমে, তখন আর্মেচার-কারেণ্ট আর ঘূর্ণক উভয়ই হ্রাস পায়, আর লোডের পরিমাণ কম হওয়াতে মোটর অপেক্ষাকৃত কম ঘূর্ণকের সাহায্যেই লোডসহ চলিতে পারে। ১০৯নং চিত্রে মোটরের এই বিশিষ্টতা *oa*-রেখাটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে (লেখচিত্রের ভুজ-রেখাতে মোটরের ভিন্ন ভিন্ন আউটপুট বা অশ্ব-শক্তি আর কোটি-রেখাতে সেই আউটপুট অনুযায়ী ঘূর্ণকের ভিন্ন ভিন্ন মান বসাইয়া এই রেখাচিত্র আঁকা হইয়াছে)। *oa* একটি সরলরেখা। ইহা শূন্যমান হইতে ক্রমশঃ উপরের দিকে উঠিয়াছে, এবং ঘূর্ণক যে লোডের সমানুপাতি এই রেখাচিত্র তাহাই নির্দেশ করিতেছে।

(৩) সাণ্ট মোটরের আর্মেচার-কারেণ্ট আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (Armature Current-Load Characteristic of a Shunt Motor):—

পুরা লোড বহন করিবার সময় একটি সাণ্ট মোটরের সরবরাহ লাইন হইতে যে পরিমাণ কারেণ্ট লওয়ার প্রয়োজন হয়, লোডশূন্য অবস্থায় প্রয়োজন হয় তাহার শতকরা পাঁচ হইতে দশ ভাগ কারেণ্ট। মোটরে যত বেশী লোড দেওয়া যায়, উহার আর্মেচার দিয়া ততই বেশী পরিমাণে তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। এই কারণে কোন লেখচিত্রের ভুজ বরাবর মোটরের ভিন্ন ভিন্ন লোড (অশ্ব-শক্তি) আর কোটি বরাবর সেই সকল লোড অনুযায়ী আর্মেচার-কারেণ্ট বসাইয়া যদি একটি রেখা টানা যায়, তবে তাহা একটি সরলরেখা হয়। লোডশূন্য অবস্থায় আর্মেচার দিয়া যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়, সেই বিন্দু হইতে শুরু হইয়া এই রেখা ক্রমশঃ উপরের দিকে উঠিতে থাকে, এবং আর্মেচার-কারেণ্ট যে লোডের সহিত একই হারে বৃদ্ধি পায়, তাহাই নির্দেশ করে। ১০৯নং চিত্রে *bc*-রেখাটির সাহায্যে মোটরের এই বিশিষ্টতাই দেখানো হইয়াছে।

সাণ্ট মোটরের আর্মেচার-কারেণ্ট $I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$ অ্যাম্পিয়ার। লোড দেওয়ার পরেই আর্মেচারের গতিবেগ সামান্য কিছুটা কমিয়া যায়, এবং আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ (E_b) গতিবেগের সমানুপাতি হওয়ায় সেই চাপও তখন কিছুটা হ্রাস পায়। কিন্তু সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ (V) অপরিবর্তিত থাকে, কারণ লোডের সহিত এই ভোল্টেজের কোন সম্বন্ধ নাই; ফলে উপরের সূত্র অনুসারে

I_a বৃদ্ধি পায়। আর্মেচারের রোধ (R_a) অতিশয় অল্প বলিয়া গতিবেগ সামান্য কমিলেই I_a লোডের সহিত সমান হারে বৃদ্ধি পাইতে থাকে।

. (৪) সাণ্ট মোটরের গতিবেগ আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (Speed-Load Characteristic of a Shunt Motor) :—

সাণ্ট মোটরের ফীল্ড দিয়া যে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের সহিত তাহার কোন সম্বন্ধ নাই। সাণ্ট ফীল্ডের রোধ এত বেশী হয় যে, উহার দুই প্রান্ত সরবরাহ লাইনের সহিত সরাসরি জুড়িয়া দেওয়া যায় ; ইহাতে ফীল্ড-কয়েলের কোন ক্ষতি হয় না। যখনই সাণ্ট মোটরকে লাইনের সহিত সংযুক্ত করা হয়, তখনই মোটরের ফীল্ড দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। ফীল্ডের এই তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_{sh} = \frac{\text{লাইনের ভোল্টেজ (V)}}{\text{সাণ্ট ফীল্ডের রোধ } (R_{sh})}\text{।}$$

এখন, লোডের সহিত কোন সম্বন্ধ থাকে না বলিয়া সচরাচর লাইনের ভোল্টেজ কম-বেশী হয় না। তাই সাণ্ট ফীল্ডের রোধ যতক্ষণ পরিবর্তন করা না হয়, ততক্ষণ মোটরের ফীল্ড-কারেণ্ট অপরিবর্তিত থাকে। আর যেহেতু এই কারেণ্টই চুম্বকগুলিকে উত্তেজিত করে, অতএব চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখা (ϕ)-ও লোডের সকল অবস্থাতেই সমান থাকে বলিয়া ধরিয়া লওয়া যায়।

মোটর চলিতে আরম্ভ করার পরে আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। এই চাপ

$$E_b = \phi Z \frac{N}{৬০} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট।}$$

সুতরাং মোটরের গতিবেগ (প্রতি মিনিটে পাকের সংখ্যা)

$$N = \frac{৬০ E_b A}{\phi Z P}\text{।}$$

কিন্তু আর্মেচারের পরিবাহীর সংখ্যা (Z), মোটরের পোলের সংখ্যা (P) আর আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিংয়ের প্যার‍্যালেল-রাস্তার সংখ্যা (A) সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে। তাই মোটরের গতিবেগ

$$N = K' \frac{E_b}{\phi}$$

হিসাবেও লেখা চলে। এখানে $K' = \frac{৬০ A}{ZP}$। আবার, যদি আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেণ্ট এবং আর্মেচারের রোধ যথাক্রমে I_a-অ্যাম্পিয়ার এবং R_a-ওম হয় (মনে কর, ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন নগণ্য), তবে

$$E_b = V - I_a R_a \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। সুতরাং

$$N = K' \frac{(V - I_a R_a)}{\phi}\text{।}$$

এই সূত্রের মধ্যে K', V, R_a এবং ϕ স্থির-রাশি (constant), ইহাদের কোন পরিবর্তন হয় না, কেবল I_a লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে পরিবর্তিত হইতে থাকে। মোটরের লোড বৃদ্ধি পাইলে I_a উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বৃদ্ধি পায় বটে, কিন্তু R_a অতিশয় অল্প বলিয়া I_a এবং R_a—এই দুইটি সংখ্যার গুণফল খুব বেশী হয় না। এমন কি মোটরে পূরা লোড দেওয়ার পরে I_a যখন সর্বোচ্চ মানে থাকে, তখনও I_aR_a-গুণফল V-এর মাত্র শতকরা দুই হইতে ছয় ভাগ পর্যন্ত হয়। এই কারণেই সর্বদা সমান গতিবেগে লোড পরিচালনা করিতে হইলে সাণ্ট মোটর সেই কাজের পক্ষে উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয়, যদিও লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মোটরের গতিবেগ ক্রমশঃ অল্প পরিমাণে কমিতে আরম্ভ করে। তবে I_a বৃদ্ধি পাইলে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়াও সেই সঙ্গে বৃদ্ধি পায়, ফলে ϕ কিছুটা কমিয়া গিয়া মোটরের গতিবেগ বাড়াইয়া দিতে চেষ্টা করে। সেইজন্য লোডশূন্য অবস্থা হইতে মোটরে পূরা লোড দেওয়া পর্যন্ত আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের পতন (I_aR_a-drop) বৃদ্ধি পাইয়া মেসিনের গতিবেগ যতটা কমাইতে পারিত, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য ঠিক ততটা পারে না, ϕ কিছুটা হ্রাস পাওয়াতে তাহার অনেকটা আবার পূরণ হইয়া যায়। ১০৯নং চিত্রে *de*-রেখাটি লক্ষ্য করিলেই মোটরের এই বিশিষ্টতা সহজে বুঝিতে পারিবে। লেখচিত্রের ভুজ বরাবর লোডের পরিবর্তে ঘূর্ণকের ভিন্ন ভিন্ন মান বসাইয়া যদি রেখা টানা হয়, তবে তাহা মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ (Speed-Torque Characteristic) নির্দেশ করিবে। সাণ্ট মোটরের এই বিশিষ্টতা-রেখাও *de*-রেখার অনুরূপ হইবে।

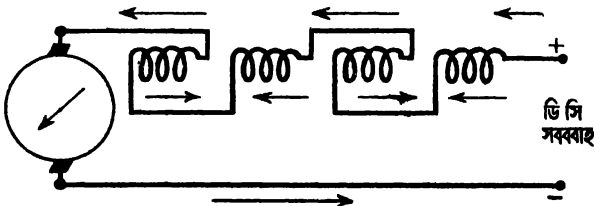
(৫) সাণ্ট মোটরের সংক্ষিপ্ত বিবরণ ও ব্যবহার (Brief Description and Uses of Shunt Motors) :—

সাণ্ট মোটরের ক্ষমতা ১ অশ্ব-শক্তির ক্ষুদ্র ভগ্নাংশ হইতে শুরু করিয়া ২৫০০০ অশ্ব-শক্তি পর্যন্ত হইতে পারে। এই মোটর ৩০০০ ভোল্ট পর্যন্ত তড়িৎ-চাপের উপযোগী করিয়া নির্মাণ করা যায়। ইহার ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে একটি পরিবর্তন-শীল রোধক (rheostat) সংযুক্ত থাকে। তাহার সাহায্যে মোটরের ফীল্ড-কারেণ্ট আর সেই সঙ্গে আর্মেচারের গতিবেগ প্রয়োজনমত বাড়ানো বা কমানো চলে। সেইজন্য পরিবর্তিত অবস্থার উপযোগী করা যায় এমন গতিবেগ (adjustable speed) যেখানে প্রয়োজন, সেখানেও সাণ্ট মোটর ব্যবহার করা হয়। এই মোটরের ফীল্ড-কয়েল সরবরাহ লাইনের সহিত সরাসরি যুক্ত থাকে বলিয়া ফীল্ড দিয়া সর্বদাই এক নির্দিষ্ট পরিমাণ কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে থাকে। তাই লোডশূন্য অবস্থাতেও মোটরের গতিবেগ সিরিজ মোটরের ন্যায় বিপজ্জনক হইয়া উঠিতে পারে না। মোটরকে উল্টাদিকে ঘুরাইতে হইলে আর্মেচার কিংবা ফীল্ড দিয়া কারেণ্ট বিপরীতদিকে পাঠাইতে হয়। লোড বৃদ্ধি পাইলে মোটরের গতিবেগ খুব সামান্যই কমে। এই কারণে যে-সকল কাজে মোটরের গতিবেগ লোডের সকল অবস্থাতেই মোটামুটি সমান থাকা প্রয়োজন, প্রধানতঃ সেই সকল কাজেই সাণ্ট মোটর ব্যবহার করিতে দেখা যায়।

সান্ট মোটর মেসিন শপে (Machine Shop) লাইন-শাফ্‌ট, লেদ মেসিন, মিলিং মেসিন প্রভৃতি পরিচালনার কাজে সর্বাপেক্ষা বেশী ব্যবহার করা হয়। তাহা ছাড়া কন্‌ভেয়ার, সূতা কাটিবার কলের ফ্রেম, ব্লোয়ার প্রভৃতি সমান গতিবেগে চলে বলিয়া তাহাদেরও সান্ট মোটরের সাহায্যেই ঘুরানো হইয়া থাকে। তবে যে-সকল কাজে লোড হঠাৎ অধিক পরিমাণে বাড়ে-কমে, অথবা যেখানে লোড অনবরতই পরিবর্তিত হইতে থাকে, সেখানে এই মোটর ব্যবহার করা চলে না। ফ্লাইহুইলসহ অথবা একাধিক মোটর পরস্পরের সহিত প্যার্যালেলে পরিচালিত হওয়ার পক্ষেও এই শ্রেণীর মোটর অনুপযোগী।

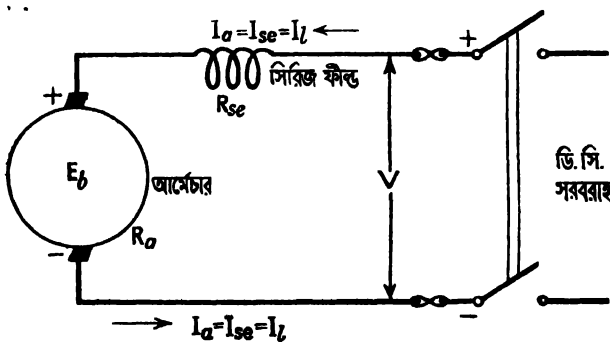
সান্ট মোটর চলিতে থাকার সময় উহার ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ যাহাতে কোন প্রকারেই খুলিতে না পারে, সেই বিষয়ে লক্ষ্য রাখা একান্ত আবশ্যক। সরবরাহ লাইনের সহিত ফীল্ডের সংযোগ খুলিয়া গেলে ফীল্ড-কয়েল দিয়া আর তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে না। তখন চুম্বকগুলিও আর উত্তেজন পায় না, ফলে বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পাইয়া প্রায় শূন্যমানে আসিয়া দাঁড়ায়, ইহাতে আর্মেচারের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া এত প্রচণ্ড হইয়া ওঠে যে, অনতিবিলম্বে মোটরটি উন্টাইয়া যায় এবং দূরে ছিটকাইয়া পড়িয়া সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হয়।

৬-৯। সিরিজ মোটর (Series Motor)

সিরিজ মোটরে ফীল্ড-কয়েল আর আর্মেচার পরস্পরের সহিত সিরিজে যুক্ত থাকে। সেইজন্য একই কারেণ্ট তাহাদের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। এই মোটরে যতগুলি ফীল্ড-কয়েল থাকে, তাহাদের সবকয়টিকে পরস্পরের সহিত এমনভাবে সিরিজে লাগানো হয় যে, যদি প্রথম কয়েল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ দক্ষিণাবর্তে প্রবাহিত হইতে থাকে, তবে দ্বিতীয় কয়েল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ অবশ্যই যেন বামাবর্তে ঘুরিতে পারে। কয়েলগুলি এইভাবে সংযুক্ত থাকিলে তবেই পাশাপাশি অবস্থিত চুম্বকগুলি যথাক্রমে উত্তর ও দক্ষিণ মেরু হিসাবে কাজ

চারি পোল-ওয়ালা সিরিজ মোটরের সংযোগ
১১০নং চিত্র

করিতে পারে। সিরিজে সংযুক্ত হওয়ার পরে কয়েলগুলির যে দুইটি প্রান্ত খোলা অবস্থায় থাকে, তাহাদের একটিকে সরবরাহ লাইনের সহিত এবং অন্যটিকে ব্রাশের মাধ্যমে আর্মেচারের সহিত সিরিজে লাগানো হয়। ১১০নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে

পারিবে। এই চিত্রে মোটরের চারিটি পোলের গায়ে জড়ানো চারিটি কুণ্ডলি এবং আর্মেচার পরস্পরের সহিত কিরূপে সংযুক্ত থাকে, তাহাই দেখানো হইয়াছে। যেহেতু সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল আর সরবরাহ লাইন পরস্পরের সহিত সিরিজে অবস্থান করে, অতএব লাইন হইতে যে পরিমাণ কারেণ্ট মোটরে প্রবেশ করে, তাহার সমস্তটাই উহার ফীল্ড এবং আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে। সেইজন্য ফীল্ড-কয়েল তৈরী করিবার সময় এমন আয়তনের তার ব্যবহার করিতে হয়, যাহাতে মোটরের পূরা কারেণ্ট অনবরত প্রবাহিত হইতে থাকিলেও কুণ্ডলির তার যেন অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিতে না পারে। কিন্তু তাই বলিয়া ফীল্ড-কয়েলের তারের আয়তন আর আর্মেচার-কয়েলের তারের আয়তন কখন এক হয় না, তাহাদের মধ্যে প্রস্থচ্ছেদের কিছুটা তফাৎ থাকেই। ইহা মনে রাখা প্রয়োজন যে, ব্রাশ দিয়া যত কারেণ্ট যায়, ঠিক তত কারেণ্টই আর্মেচার-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হয় না। আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং অনুসারে প্রত্যেক আর্মেচার-সারকিটে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ বেশী-কম হইয়া থাকে। আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং যদি "ওয়েভ" (wave winding) হয়, তবে পোলের সংখ্যা যাহাই হউক না কেন, আর্মেচার-কারেণ্ট দুইভাগে বিভক্ত হইয়া যায়, আর যদি ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং (lap winding) ব্যবহার করা হয়, তবে মোটরে যতগুলি পোল থাকে, আর্মেচার-কারেণ্টও তত ভাগে বিভক্ত হয়। সেইজন্য ১১০নং চিত্রে যে ধরনের সংযোগ দেখানো হইয়াছে, তাহাতে আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং ওয়েভ হইলে প্রত্যেক আর্মেচার-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের পরিমাণ ফীল্ড-কারেণ্টের অর্ধেক হইবে, আর ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে তাহা চারিভাগের একভাগ হইবে।

ছোট ছোট মোটরে "সহায়ক পোল" বা "ইণ্টার পোল" থাকে না। বড় বড় মোটরে এই পোলকে সিরিজ জেনারেটারের ইণ্টার পোলের মত করিয়া সংযুক্ত করা হয়।

সরবরাহ লাইনের সহিত সিরিজ মোটরের সংযোগ
১১১নং চিত্র

এইবার ১১১নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। মনে কর,

I_{se} = সিরিজ ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত কারেণ্ট,

এবং R_{se} = সিরিজ ফীল্ডের রোধ।

এই চিত্রে অন্যান্য যে-সকল চিহ্ন ব্যবহার করা হইয়াছে, তাহারা সাণ্ট মোটরের অনুরূপ। সুতরাং

(৴০) $I_a = I_{se} = I_l$ অ্যাম্পিয়ার,

(৵০) $E_b = V - I_a (R_a + R_{se}) -$ (ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন)

$= \phi Z \frac{N}{৬০} \frac{P}{A}$ ভোল্ট।

যে-সকল সূত্রের সাহায্যে সাণ্ট মোটরের উৎপাদিত শক্তি, গৃহীত শক্তি, ঘূর্ণক, কর্মক্ষমতা প্রভৃতি নির্ণয় করা হইয়াছে, সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রেও ঐ সকল সূত্রই ব্যবহার করিতে হইবে।

উদাহরণ ৬-১৭। একটি ৫০০ ভোল্টের সিরিজ মোটর ৪০০ আর-পি-এম-এ ঘুরিতেছে। যদি উহার এফিসিয়েন্সি ৯০% হয় এবং স্যাফ ট-টর্ক ১৪৪ পাউণ্ড-ফুট থাকে, তাহা হইলে মোটরটি কত কারেন্ট লইবে? (Elec. Sup. July, 1965)

মোটরের অশ্ব-শক্তি $= \frac{২\pi TN}{৩৩০০০} = \frac{২ \times ৩\cdot১৪ \times ১৪৪ \times ৪০০}{৩৩০০০}$

$=$ ১০·৯৬ অশ্ব-শক্তি।

মোটরের উৎপাদিত শক্তি $=$ ১০·৯৬ $\times$ ৭৪৬ $=$ ৮১৭৫ ওয়াট।

মোটরের গৃহীত শক্তি $= \frac{\text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি} \times ১০০}{\text{মোটরের \% কর্মক্ষমতা}}$

$= \frac{৮১৭৫ \times ১০০}{৯০} =$ ৯০৮৪ ওয়াট।

$\therefore \quad VI_l =$ ৯০৮৪ ওয়াট,

অতএব $I_l = \frac{৯০৮৪}{V} = \frac{৯০৮৪}{৫০০}$

$=$ ১৮·১৭ অ্যাম্পিয়ার।

উদাহরণ ৬-১৮। একটি ২২০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী সিরিজ মোটর সরবরাহ লাইন হইতে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৮০০ পাক ঘোরে। মেসিনের আর্মেচারের রোধ ০·২৫ ওম, সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০·১৫ ওম এবং লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয় একত্রে ১৬০০ ওয়াট। ঐ মোটরের (ক) ব্রেক হর্সপাওয়ার, (খ) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণক, এবং (গ) কার্যকর ঘূর্ণক কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V =$ ২২০ ভোল্ট,

$I_a = I_l =$ ১০০ অ্যাম্পিয়ার,

$N =$ প্রতি মিনিটে ৮০০ পাক,

$R_a =$ ০·২৫ ওম,

এবং $R_{se} =$ ০·১৫ ওম।

$E_b = V - I_a(R_a + R_{se})$
$= ২২০ - ১০০(০.২৫ + ০.১৫) = ১৮০$ ভোল্ট।

আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ক্ষমতার পরিমাণ
$= E_b I_a = ১৮০ \times ১০০$
$= ১৮০০০$ ওয়াট।

(ক) মোটরের ব্রেক হর্সপাওয়ার

$= \frac{E_b I_a - \text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়}}{৭৪৬}$

$= \frac{১৮০০০ - ১৬০০}{৭৪৬} = \frac{১৬৪০০}{৭৪৬}$

$=$ ২১.৯৮ অশ্ব-শক্তি।

(খ আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণক

$T = ০.১৫৯ \times E_b I_a \times \frac{৬০}{N}$ নিউটন-মিটার

$= ০.১৫৯ \times ১৮০০০ \times \frac{৬০}{৮০০}$

$=$ ২১৪.৬ নিউটন-মিটার।

(গ) মোটরের কার্যকর ঘূর্ণক

$T_{sh} = ০.১৫৯(E_b I_a - \text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়}) \times \frac{৬০}{N}$

$= ০.১৫৯ \times ১৬৪০০ \times \frac{৬০}{৮০০}$

$=$ ১৯৫.৫ নিউটন-মিটার।

উদাহরণ ৬-১৯। একটি সিরিজ মোটর ১০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৩০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। মেসিনের সমবেত রোধ ০.৪ ওম এবং লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয় একত্রে ৫০০ ওয়াট। ঐ মোটরের (ক) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল, (খ) কার্যকর আউটপুট, এবং (গ) কর্মক্ষমতা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ১০০$ ভোল্ট,
$I_a = I_l = ৩০$ অ্যাম্পিয়ার, এবং
সমবেত রোধ, অর্থাৎ $R_a + R_{se} = ০.৪$ ওম।

(ক) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল
$E_b = V - I_a(R_a + R_{se}) = ১০০ - ৩০ \times ০.৪$
$= ৮৮$ ভোল্ট।

(খ) মোটরের কার্যকর আউটপুট

$= E_b I_a$ − লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়

= ৮৮ × ৩০ − ৫০০

= ২১৪০ ওয়াট

$= \frac{২১৪০}{৭৪৬} =$ ২.৮৭ অশ্ব-শক্তি।

(গ) মোটরের কর্মক্ষমতা

$= \frac{\text{মোটরের কার্যকর আউটপুট}}{\text{মোটরের গৃহীত শক্তি}} \times ১০০\%$

$= \frac{২১৪০}{১০০ \times ৩০} \times ১০০$

= ৭১.৩%।

উদাহরণ ৬-২০। একটি সিরিজ মোটর ২২০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৪০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৯০০ পাক ঘোরে। মেসিনের আর্মেচারের রোধ ০.০৪ ওম এবং সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.০৬ ওম। যদি একই সরবরাহ লাইন হইতে ঐ মোটর এখন ৭৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতে থাকে, আর তাহাতে চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা শতকরা ১৫ ভাগ বৃদ্ধি পায়, তবে উহার আর্মেচার প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে?

এখানে $V =$ ২২০ ভোল্ট,

$I_{a1} =$ ৪০ অ্যাম্পিয়ার,

$N_1 =$ প্রতি মিনিটে ৯০০ পাক,

$R_a =$ ০.০৪ ওম,

$R_{se} =$ ০.০৬ ওম,

এবং $I_{a2} =$ ৭৫ অ্যাম্পিয়ার।

$E_{b1} = V - I_{a1}(R_a + R_{se}) =$ ২২০ − ৪০(০.০৪ + ০.০৬)

= ২১৬ ভোল্ট।

$N_1 = K' \frac{E_{b1}}{\phi_1}$।

$E_{b2} = V - I_{a2}(R_a + R_{se}) =$ ২২০ − ৭৫ (০.০৪ + ০.০৬)

= ২১২.৫ ভোল্ট।

$N_2 = K' \frac{E_{b2}}{\phi_2}$।

কিন্তু $\phi_2 = \frac{১১৫}{১০০} \phi_1 =$ ১.১৫ϕ_1।

$$\therefore \quad N_2 = K' \frac{E_{b2}}{১^{\cdot}১৫\phi_1}$$

এখন, $$\frac{N_2}{N_1} = K' \frac{E_{b2}}{১^{\cdot}১৫\phi_1} \times \frac{\phi_1}{K'E_{b1}} = \frac{E_{b2}}{১^{\cdot}০৫\ E_{b1}},$$

$$\therefore \quad N_2 = \frac{N_1 \times E_{b2}}{১^{\cdot}১৫\ E_{b1}} = \frac{৯০০ \times ২১২^{\cdot}৫}{১^{\cdot}১৫ \times ২১৬}$$

$$= ৭৭০ \text{ পাক/মিনিটে।}$$

উদাহরণ ৬-২১। একটি সিরিজ মোটর যখন ২০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ১৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, তখন প্রতি মিনিটে ৮০০ পাক ঘোরে। মেশিনের দুই প্রান্তের মধ্যে সমবেত রোধ ১ ওম। যদি ৫ ওমের একটি অতিরিক্ত রোধক এই মোটরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত করা হয় এবং আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে, তবে মোটর প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে ?

এখানে $V = ২০০$ ভোল্ট,

$I_a = ১৫$ অ্যাম্পিয়ার,

$N_1 =$ প্রতি মিনিটে ৮০০ পাক,

$R_a + R_{se} = ১$ ওম,

এবং $R = ৫$ ওম।

$$E_{b1} = V - I_a(R_a + R_{se}) = ২০০ - ১৫ \times ১$$

$$= ১৮৫ \text{ ভোল্ট।}$$

$$N_1 = K' \frac{E_{b1}}{\phi}\text{।}$$

$$E_{b2} = V - I_a(R_a + R_{se} + R) = ২০০ - ১৫(১ + ৫)$$

$$= ১১০ \text{ ভোল্ট।}$$

I_a অপরিবর্তিত থাকিলে ϕ-ও অপরিবর্তিত থাকে।

$$\therefore \quad N_2 = K' \frac{E_{b2}}{\phi}\text{।}$$

অতএব $$\frac{N_2}{N_1} = K' \frac{E_{b2}}{\phi} \times \frac{\phi}{K'E_{b1}} = \frac{E_{b2}}{E_{b1}}$$

$$\therefore \quad N_2 = \frac{N_1 \times E_{b2}}{E_{b1}} = \frac{৮০০ \times ১১০}{১৮৫}$$

$$= ৪৭৬ \text{ পাক (প্রতি মিনিটে)।}$$

উদাহরণ ৬-২২। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট সিরিজ মোটরের আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত। আর্মেচারের পরিবাহীর সংখ্যা ৯৪৪ এবং চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা ৩৪·৬ মিলি ওয়েবার। যদি আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণকের পরিমাণ ২০৯ নিউটন-মিটার হয়, তবে ঐ মোটর ৫০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে কত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে? মোটরের সমবেত রোধ ৩ ওম।

এখানে $P = ৪$,

$A = ২$ (ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া),

$Z = ৯৪৪$,

$\phi = \frac{৩৪·৬}{১০০০} = ০·০৩৪৮$ ওয়েবার,

$T = ২০৯$ নিউটন-মিটার,

$V = ৫০০$ ভোল্ট,

এবং $R_a + R_{se} =$ ৩ ওম।

$$T = ০·১৫৯\phi Z I_a \frac{P}{A} \text{ নিউটন-মিটার},$$

$$I_a = \frac{TA}{০·১৫৯\phi ZP}$$

$$= \frac{২০৯ \times ২}{০·১৫৯ \times ০·০৩৪৬ \times ৯৪৪ \times ৪}$$

$$= ২০·০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$E_b = V - I_a (R_a + R_{se}) = ৫০০ - ২০ \times ৩$$

$$= ৪৪০ \text{ ভোল্ট।}$$

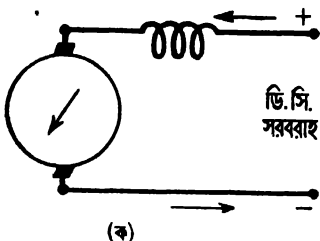
আবার, $E_b = \phi Z \frac{N}{৬০} \frac{P}{A}$ ভোল্ট,

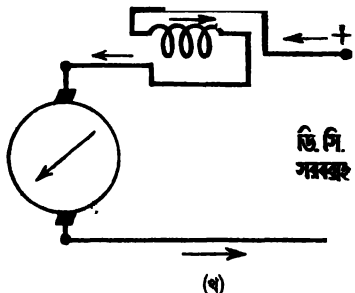
$$\therefore \quad N = \frac{৬০ E_b A}{\phi ZP} = \frac{৬০ \times ৪৪০ \times ২}{০·০৩৪৬ \times ৯৪৪ \times ৪}$$

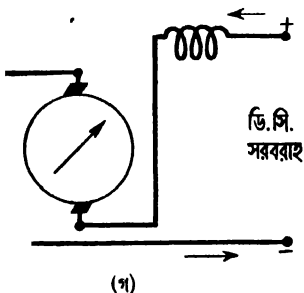
$= ৪০৩$ পাক (প্রতি মিনিটে)।

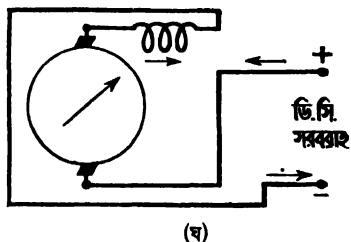
(১) সিরিজ মোটরের আবর্তনের দিক-পরিবর্তন (Change of Direction of Rotation of a D. C. Series Motor)

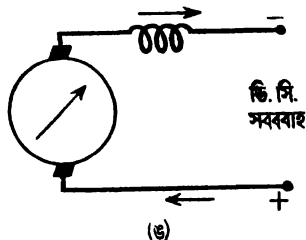
সিরিজ মোটরকে বিপরীতদিকে ঘুরাইতে হইলে উহার ফীল্ড এবং আর্মেচারের সংযোগ কি কি উপায়ে পরিবর্তন করিতে হয়, তাহা ১১২নং চিত্রের বিভিন্ন নক্সাতে দেখানো হইয়াছে। এই সকল নক্সার কোনটাতে আর্মেচারের সংযোগ আর কোনটাতে ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ উল্টা করিয়া আঁকা আছে। ইহা হইতে সহজেই বুঝিতে পারা যাইবে যে, মোটরকে বিপরীতদিকে ঘুরাইতে হইলে হয় আর্মেচার দিয়া, আর না হয় ফীল্ড দিয়া, তড়িৎ-প্রবাহকে বিপরীতদিকে পাঠানো দরকার।

(ক)

মনে কর, মোটরের আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে। এই অবস্থায় কারেণ্ট ফীল্ড-কয়েল দিয়া ডান হইতে বাঁ দিকে আর আর্মেচার দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে।

(খ)

এখানে কেবলমাত্র ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়া আছে, আর্মেচার দিয়া কারেণ্ট আগের মতই উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। এই অবস্থায় মোটর বিপরীত দিকে অর্থাৎ দক্ষিণাবর্তে ঘুরিবে।

(গ)

এখানে ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ (ক) নক্সার মত আছে, কেবল আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়াতে কারেণ্ট আর্মেচার দিয়া নীচ হইতে উপরের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। এই অবস্থায়ও র দক্ষিণাবর্তে ঘুরিবে।

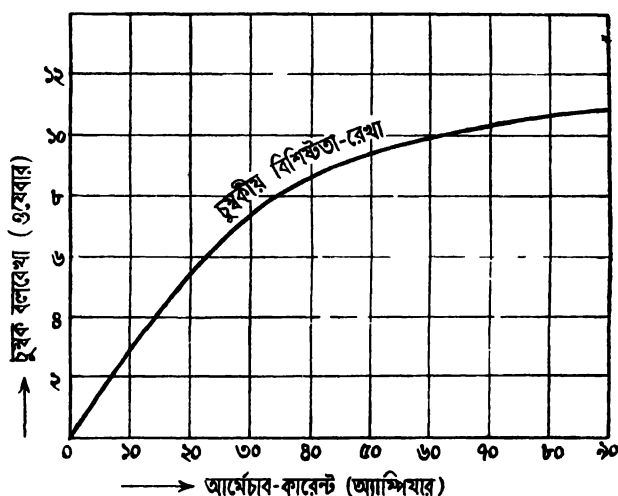
(ঘ)

এখানে ফীল্ড এবং আর্মেচার উভয়েরই সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়া হইয়াছে, ফলে মোটর (ক) নক্সার মত বামাবর্তে ঘুরিবে।

(ঙ)

এখানে মোটরের ভিতরের সংযোগ (ক) নক্সার মতই আছে, কেবল সরবরাহ লাইনের সহিত উহার দুই প্রান্তের সংযোগ বদল করিয়া দেওয়া হইয়াছে। ইহাতে আর্মেচার এবং ফীল্ড দুইয়ের মধ্য দিয়াই কারেণ্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতেছে। সুতরাং মোটর (ক) নক্সার ন্যায় বামাবর্তেই ঘুরিবে।

১১২নং চিত্র

(২) সিরিজ মোটরের বিভিন্ন প্রকারের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার
(Different Characteristics and Uses of Series Motors)

(১) সিরিজ মোটরের 'কারেণ্ট-চুম্বকত্ব' বিশিষ্টতা (Flux-Current Characteristic of a Series Motor) :-

সিরিজ মোটরের এই বিশিষ্টতা সাণ্ট মোটরের অনুরূপ (১০৮নং চিত্র)। তবে সাণ্ট ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ বৃদ্ধি করিতে হইলে ফীল্ড-সারকিটের রোধ কম করিতে হয়, আর সিরিজ ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ বৃদ্ধি করিতে হইলে মোটরের লোড বাড়াইতে হয়। সিরিজ মোটরের আর্মেচার দিয়া যত বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হয়, উহার ফীল্ড তত বেশী চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে। আর্মেচার-কারেণ্টের সহিত বলরেখার এই সম্বন্ধ ১১৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

সিরিজ মোটরের চুম্বকীয় বিশিষ্টতা-রেখা
১১৩নং চিত্র

(২) লোডের সহিত সিরিজ মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের সম্বন্ধ (Torque-Load Characteristic of a Series Motor) :—

সিরিজ মোটরে আর্মেচার-কারেণ্ট যত, ফীল্ড-কারেণ্টও তত। কিন্তু সাণ্ট মোটরে আর্মেচার-কারেণ্ট বৃদ্ধি পাইলে ফীল্ড-কারেণ্টের কোন পরিবর্তন হয় না। ঘূর্ণক সম্বন্ধে আলোচনা করিবার সময় এই কথা বিশেষভাবে মনে রাখা দরকার।

আর একটি কথা এই যে, সিরিজ মোটরের আর্মেচারে তড়িৎ-প্রবাহ বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে চুম্বকক্ষেত্রে বলরেখার সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। সেইজন্য মোটরের পোল-কোরের আয়তন সাধারণতঃ এমন রাখা হয় যাহাতে মোটরে পুরা লোড পড়িলে তবে পোল-কোর সংপৃক্ত হইতে পারে ; আর ইহাতে লোডের পরিমাণ যত বাড়ে,

মোটরের চুম্বকত্বের প্রখরতাও তত বৃদ্ধি পায়। কিন্তু সাণ্ট মোটরে তাহা হয় না, কারণ সাণ্ট মোটরের চুম্বকত্ব গোড়া হইতে শেষ পর্যন্ত প্রায় অপরিবর্তিত থাকে।

যতক্ষণ ফীল্ড-চুম্বকের লোহা অসংপৃক্ত থাকে, ততক্ষণ সিরিজ মোটরে কারেণ্ট বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে চুম্বকক্ষেত্রে বলরেখার সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। তাই

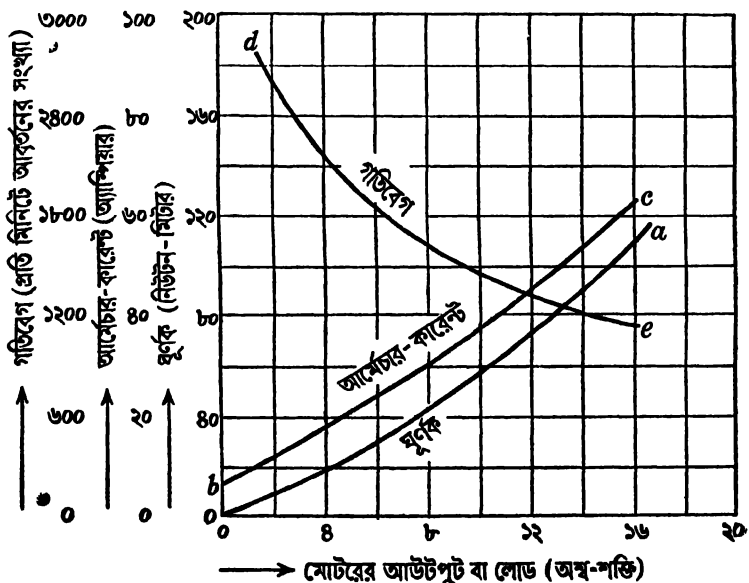
$$\phi \propto I_a \text{।}$$

কিন্তু ডি. সি. মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণক

$$T = K \phi I_a \text{।}$$

অতএব সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে

$$T = K_1 I_a^2$$

হইবে, অর্থাৎ ঘূর্ণক কারেণ্টের বর্গফলের সমানুপাতি থাকিবে। মোটর সরবরাহ লাইন হইতে যখন ১৫ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট লইতে থাকে, তখন যদি আর্মেচারে ১০ নিউটন-মিটার ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়, তবে ঐ মোটর যখন সরবরাহ লাইন হইতে ৩০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট লইবে, তখন আর্মেচারেও ৪০ নিউটন-মিটার ঘূর্ণক উৎপন্ন হইবে; অর্থাৎ আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের পরিমাণ দ্বিগুণ হইলে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ চারিগুণ হইবে। এই কারণে যে-সকল কাজে কারেণ্ট সামান্য বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ঘূর্ণক উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বৃদ্ধি পাওয়া দরকার, সেই সকল কাজের পক্ষে সিরিজ মোটর অতিশয় উপযোগী। মোটরের এই বৈশিষ্টতা ১১৪নং চিত্রে *oa*-রেখাটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।

সিরিজ মোটরের বিভিন্ন বিশিষ্টতা-রেখা

১১৪নং চিত্র

(৩) সিরিজ মোটরের আর্মেচার-কারেণ্ট আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (Armature Current-Load Characteristic of a Series Motor) :—

সিরিজ মোটরের আর্মেচার-কারেণ্ট $I_a = \frac{V - E_b}{R_a + R_{se}}$ অ্যাম্পিয়ার। মোটরে লোড দেওয়ার পরে অন্ততঃপক্ষে সাময়িকভাবেও আর্মেচারের গতিবেগ কিছুটা কমিয়া যায়। তখন আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপও কিছুটা হ্রাস পায়, কারণ

$$E_b \propto N।$$

কিন্তু সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া $V - E_b$ আর সেই সঙ্গে I_a বৃদ্ধি পায়। I_a বৃদ্ধি পাইলে চুম্বক বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং তাহা E_b-কে পুনরায় সামান্য কিছুটা বাড়াইয়া দেয়। তখন আবার I_a সামান্য কিছুটা কমে। সেইজন্য লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে সাণ্ট মোটরের আর্মেচার-কারেণ্ট যতটা বৃদ্ধি পায়, সিরিজ মোটরের আর্মেচাব-কারেণ্ট ঠিক ততটা বৃদ্ধি পায় না। ১১৪নং চিত্রে bc-রেখাটি লক্ষ্য করিলেই মোটরের এই বিশিষ্টতা বুঝিতে পারিবে।

(৪) সিরিজ মোটরের গতিবেগ আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (Speed-Load Characteristic of a Series Motor) :—

সিরিজ মোটরের গতিবেগ

$$N = K'\frac{E_b}{\phi} = K'\frac{V - I_a(R_a + R_{se})}{\phi}।$$

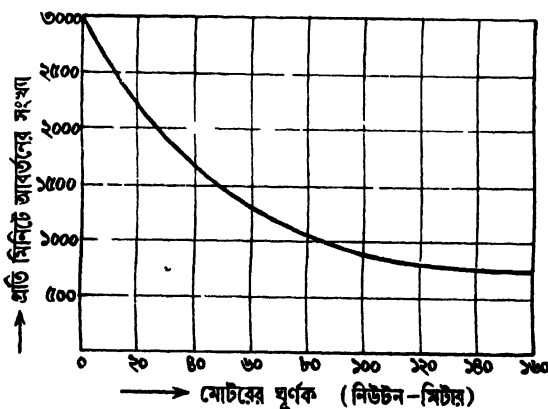
এই সূত্রের মধ্যে K'-দ্বারা একটি স্থির-রাশি, V-দ্বারা সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ, I_a-দ্বারা আর্মেচার-কারেণ্ট, R_a-দ্বারা আর্মেচারের রোধ, R_{se}-দ্বারা সিরিজ ফীল্ডের রোধ এবং ϕ-দ্বারা প্রতি পোলের চুম্বক বলরেখার সংখ্যা নির্দেশ করা হইয়াছে। মোটরের লোড পরিবর্তিত হইলে একই সঙ্গে I_a আব ϕ পরিবর্তিত হয়।

মোটরের লোড যখন বৃদ্ধি পায়, তখন I_a বৃদ্ধি পায়, আর তাহাতে $I_a(R_a + R_{se})$ বৃদ্ধি পাইয়া মোটরের গতিবেগ কমাইয়া দেয়। $I_a(R_a + R_{se})$ পূরা লোডে সাধারণতঃ V-এর শতকরা ৩ হইতে ৮ ভাগ পর্যন্ত হয়, এবং তাহা গতিবেগের এই পরিমাণ অংশই হ্রাস করে। একই সঙ্গে আবার চুম্বক বলরেখার সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়, কারণ

$$\phi \propto I_a,$$

এবং মোটরের গতিবেগ ϕ-এর বিপরীত অনুপাতি বলিয়া ϕ শতকরা যত ভাগ বৃদ্ধি পায়, গতিবেগ শতকরা ঠিক তত ভাগ কমে। অতএব লোড বাড়িলে $I_a(R_a + R_{se})$ আর ϕ উভয়েই একত্রে বাড়ে, আর তাহারা যতই বৃদ্ধি পায়, মোটরের গতিবেগ ততই কমিতে থাকে। সেইজন্য লোড যখন বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, তখন সাণ্ট মোটরের গতিবেগ মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকিলেও সিরিজ মোটরের গতিবেগ অনেকখানি কমিয়া যায়। মোটরের এই বিশিষ্টতা ১১৪নং চিত্রে *de*-রেখাটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।

আবার, সিরিজ মোটরের লোড যখন কমিতে থাকে, তখন I_a আর ϕ একত্রে হ্রাস পায়। ইহাতে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে। যদি মোটরটি পুরাপুরি লোডশূন্য অবস্থায় চলিয়া আসে, তবে ϕ এত বেশী কমিয়া যায় যে, আর্মেচারের গতিবেগ তখন অতিরিক্ত মাত্রায় বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক হইয়া ওঠে। কোন কোন ক্ষেত্রে গতিবেগের প্রচণ্ডতাব জন্য মোটরটি দূরে ছিটকাইয়া পড়ে, আর কেন্দ্রাতিগ বল প্রবল হওয়ার জন্য আর্মেচাবেব খাঁজ হইতে পরিবাহীর কুণ্ডলি বাহিব হইয়া আসে; তখন অচিরেই মোটরটি সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হয়। সেইজন্য সাধারণ নিয়ম এই যে, যেখানেই সিরিজ মোটর ব্যবহার কবা হইবে, সেখানেই মোটবেব সহিত লোড এমনভাবে জুড়িয়া দিতে হইবে যাহাতে তাহা কখনই খুলিয়া যাইতে না পারে, অর্থাৎ বেল্ট (belt)-এর সাহায্যে কোন মেসিন বা অন্য কোন লোড সিবিজ মোটবেব সঙ্গে কখনও যেন লাগানো না হয়, হয় মোটরের শাফ্‌টের সঙ্গে লোডের শাফ্‌ট্ চাবি দিয়া আঁটা থাকিবে, আর না হয় তাহারা পরস্পরের সঙ্গে দাঁত-ওয়ালা চাকা (pinion) দিয়া 'গিয়ার' (gear) করা থাকিবে। বেল্টের সাহায্যে মোটরের সহিত লোডকে সংযুক্ত করিলে মোটর চলিবার সময় যদি ঐ বেল্টেব জোডাব মুখ খুলিয়া যায়, কিংবা পুলির উপর হইতে বেল্ট সরিয়া গিয়া সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়, কিংবা অনেকদিন ব্যবহাব করাব পবে পুরান হওয়াতে বেল্টটি ছিঁড়িয়া যায়, তবে চালু অবস্থায় লোডশূন্য হওয়ার জন্য মোটরটি সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হইবে।

এই প্রসঙ্গে একটি প্রশ্ন আসিতে পারে যে, ডি. সি. পাখা, যাহা কিনা একটি সিরিজ মোটর, তাহাকে ব্লেড সংযুক্ত না করিয়া ঘুরানো সম্ভব হয় কিরূপে। ডি. সি. পাখা সরবরাহ লাইন হইতে এত কম বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ করে যে, সেই

সিরিজ মোটরের আবর্তনের সহিত ঘূর্ণকের সম্বন্ধ

১১৫নং চিত্র

তুলনায় উহার বেয়ারিংয়ে যে শক্তি নষ্ট হয়, তাহা একেবারে নগণ্য নহে। তাই ব্রেড যখন সংযুক্ত না থাকে, তখন বেয়ারিং আর শাফ্‌টের মধ্যে যে ঘর্ষণ চলিতে থাকে, তাহাই ঐ ক্ষুদ্র মোটরের পক্ষে অনেকখানি লোড হিসাবে কাজ করে; ফলে সেই অবস্থায়ও মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বিপদ সীমায় পৌঁছাইতে পারে না।

সিরিজ মোটরের আবর্তনের সহিত ঘূর্ণকের সম্বন্ধ (Speed-Torque Characteristic) কিরূপ হয়, তাহা ১১৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই বিশিষ্টতা-রেখা হইতে জানিতে পারা যায় মোটর কত লোড টানিতে কি রকম জোরে ঘুরিবে। রেখাচিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, ঘূর্ণকের পরিমাণ যত কমে, প্রতি মিনিটে পাকের সংখ্যা ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে।

(৫) সিরিজ মোটরের সংক্ষিপ্ত বিবরণ ও ব্যবহার (Brief Description and Uses of Series Motors) :--

ডি. সি. সিরিজ মোটর অতি ক্ষুদ্র আকৃতিরও হয়, আবার উহা ৩০০০ অশ্ব-শক্তি পর্যন্ত ক্ষমতাসম্পন্নও হইতে পারে। এই মোটর ১৫০০ ভোল্ট পর্যন্ত তড়িৎ-চাপের উপযোগী করিয়া তৈরী করা যায়। চালু করিবার সময় অনেক ক্ষেত্রে মোটরের সহিত সিরিজে একটি পরিবর্তনশীল রোধক সংযুক্ত করা হয়, আর মোটরের গতিবেগ যত বৃদ্ধি পায়, উহার সারকিট হইতে এই রোধকের অংশ ততই অধিক হইতে অধিকতর পরিমাণে বাদ দেওয়া হইতে থাকে। মোটর যখন পূর্ণ গতিবেগে চলিতে আরম্ভ করে, তখন রোধকটিকে সম্পূর্ণরূপে তড়িৎ-বর্তনীর বাহিরে রাখা হয়। যদি কোন লোড পরিচালনার কাজে একই আকারের দুইটি মোটর ব্যবহার করিবার প্রয়োজন দেখা দেয়, তবে সেখানে সিরিজ-প্যার‍্যালেল পদ্ধতির সাহায্যে মোটরকে চালু করিলে শক্তির অপচয় অনেক কম রাখা যায়। সিরিজ ফীল্ডের সহিত প্যার‍্যালেলে একটি "ডাইভারটার" (diverter) সংযুক্ত করিয়া তাহার সাহায্যে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। আর্মেচার কিংবা সিরিজ ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ উল্টা করিয়া দিলেই মোটর বিপরীত দিকে ঘুরিতে আরম্ভ করে। লোড যত কমে, গতিবেগ ততই দ্রুত বৃদ্ধি পাইতে থাকে, আর যদি মোটরকে লোডশূন্য অবস্থায় কিংবা অতিশয় কম লোডে চালানো হয়, তবে এই গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক হইয়া ওঠে।

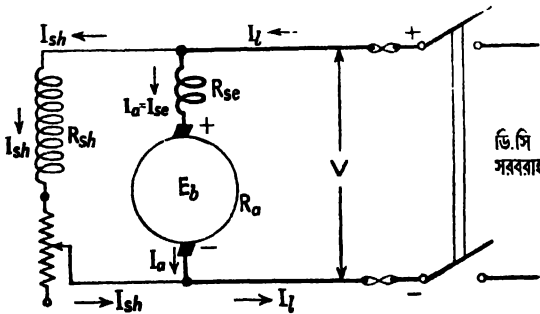
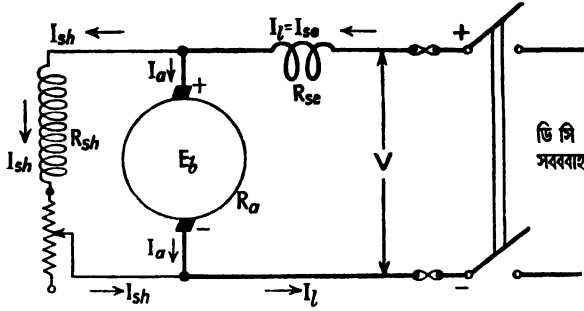
ট্রাম গাড়ী, ট্রলি বাস, বৈদ্যুতিক ট্রেন, ক্রেন (crane), ভারী-বস্তু উঠাইবার অন্যান্য যন্ত্র, হলেজ (haulage) প্রভৃতি পরিচালনার জন্য সিরিজ মোটর ব্যবহার করা হয়। ঘূর্ণক বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে সিরিজ মোটরের গতিবেগ আপনা হইতেই কমিতে থাকে। সেইজন্য যে-সকল গাড়ী রেলের উপর দিয়া চলে, তাহাদের পরিচালনা করার পক্ষে সাণ্ট মোটর অপেক্ষা সিরিজ মোটর অনেক বেশী উপযোগী। যেখানে ডি. সি. সরবরাহের ব্যবস্থা আছে, সেখানে প্রত্যেক বাড়ীতে, অফিসে, স্কুলে বা কলেজে যত পাখা ব্যবহার করা হয়, তাহা সমস্তই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র সিরিজ মোটরের দ্বারা পরিচালিত। কলিয়ারি ওয়াইণ্ডার (colliery winders) প্রভৃতি পরিচালনার কাজে যখন মোটরের আবর্তন শূন্যমান হইতে পূর্ণ গতিবেগ পর্যন্ত ক্রমাগত পরিবর্তিত হইতে থাকে, তখন আবর্তনের এই

প্রকার সূক্ষ্ম নিয়ন্ত্রণ "ওয়ার্ড-লিওনার্ড" (Ward-Leonard) পদ্ধতির সাহায্যে করা সম্ভব হয়। অনেক ক্ষেত্রে "মেটাডাইন" (Metadyne) পদ্ধতি আবার ইহা অপেক্ষা অধিকতর উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয়। সেইজন্য বর্তমানে কোন কোন কাজে সিরিজ মোটরের গতিবেগ এই পদ্ধতির সাহায্যেও নিয়ন্ত্রণ করা হইয়া থাকে।

একাধিক সিরিজ মোটরকে খুব সহজেই পরস্পরের সহিত প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত করিয়া পরিচালনা করা যায়, আর লোডের সমতা রক্ষার জন্য ফ্লাইহুইল (Flywheel)-সহ চলিবার পক্ষেও এই শ্রেণীর মোটর অতিশয় উপযোগী।

৬-১০। কম্পাউণ্ড মোটর (Compound Motor)

সাণ্ট বা সিরিজ মোটরের ন্যায় ডি. সি. কম্পাউণ্ড মোটরও ১ অশ্ব-শক্তির ক্ষুদ্র ভগ্নাংশ হইতে শুরু করিয়া ৩০০০ অশ্ব-শক্তি পর্যন্ত ক্ষমতাসম্পন্ন হইতে পারে। এই মোটর ৩০০০ ভোল্ট পর্যন্ত তড়িৎ-চাপের উপযোগী করিয়া তৈরী করা যায়। মোটরের প্রত্যেক ফীল্ড-পোলে সাণ্ট কয়েল আর সিরিজ কয়েল দুই-ই থাকে, তাই দুয়েরই সমবেত প্রভাবের বশে আর্মেচারের আবর্তন বদলায়। যখন সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডের সহায়ক হিসাবে কাজ করে, তখন মেসিনটিকে বলা হয় "কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর", আর যখন সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দিতে থাকে, তখন বলা হয় "ডিফারেন্‌শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটর"। যদিও এই দুই শ্রেণীর মোটরের ব্যবহারই ভিন্ন ভিন্ন ক্ষেত্রে প্রচলিত আছে, কিন্তু প্রথম শ্রেণীর মোটর নানা ধরনের কাজে সচরাচর যতটা ব্যবহার করিতে দেখা যায়, দ্বিতীয় শ্রেণীর মোটর সেই তুলনায় খুবই কম ব্যবহার করা হইয়া থাকে। ইহার কারণ উভয় প্রকার কম্পাউণ্ড মোটরের বিশিষ্টতা। এই বিশিষ্টতা সম্বন্ধে নিম্নে এখন বিশদভাবে আলোচনা করা হইতেছে :

১১৬(ক)নং চিত্রে একটি লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মোটরের সংযোগ আর ১১৬(খ)নং চিত্রে একটি সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মোটরের সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এই দুই চিত্রে যে-সকল চিহ্ন ব্যবহার করা হইয়াছে, তাহারা সাণ্ট ও সিরিজ মোটরের অনুরূপ।

লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মোটর
১১৬(ক)নং চিত্র

সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মোটর

১১৬(খ)নং চিত্র

(ক) লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মোটব :—

(৵০) $I_a = I_{se} = I_l - I_{sh}$ অ্যাম্পিয়ার,

(৵০) $I_{sh} = \dfrac{V}{R_{sh}}$ অ্যাম্পিয়ার,

(৶০) $E_b = V - I_a(R_a + R_{se})$ − (ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন)

$= \phi Z \dfrac{N}{৬০} \dfrac{P}{A}$ ভোল্ট।

(খ) সর্ট-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মোটর :—

(৵০) $I_l = I_{se}$ অ্যাম্পিয়াব,

(৵০) $I_a = I_l - I_{sh}$ অ্যাম্পিয়ার,

(৶০) $I_{sh} = \dfrac{V - I_l R_{se}}{R_{sh}}$ অ্যাম্পিয়ার,

(।০) $E_b = V - I_l R_{se} - I_a R_a$ − (ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন)

$= \phi Z \dfrac{N}{৬০} \dfrac{P}{A}$ ভোল্ট।

অন্যান্য যে-সকল সূত্রের সাহায্যে সাণ্ট মোটরের উৎপাদিত শক্তি, গৃহীত শক্তি, ঘূর্ণক, কর্মক্ষমতা প্রভৃতি নির্ণয় করা হয়, কম্পাউণ্ড মোটরের উভয় প্রকার সংযোগের (লং-সাণ্ট আর সর্ট-সাণ্ট) ক্ষেত্রেও ঐ সকল সূত্রই ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

উদাহরণ ৬-২৩। একটি ২২০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড মোটর পূরা লোডসহ চলিবার সময় সরবরাহ লাইন হইতে ৬২ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে। আর্মেচারের রোধ ০·১ ওম, সাণ্ট কাণ্ডের রোধ ১১০ ওম এবং সিরিজ কাণ্ডের রোধ ০·০৫ ওম।

পুরা লোড দেওয়ার পরে ঐ মোটরের আর্মেচার দিয়া কত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইবে এবং আর্মেচারে কত ভোল্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V=২২০$ ভোল্ট,
$I_l=৬২$ অ্যাম্পিয়ার,
$R_a=০\cdot১$ ওম,
$R_{sh}=১১০$ ওম,
এবং $R_{se}=০\cdot০৫$ ওম।

$$I_{sh}=\frac{V}{R_{sh}}=\frac{২২০}{১১০}=২ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a=I_l-I_{sh}=৬২-২$$
$$=\underline{৬০ \text{ অ্যাম্পিয়ার}}\text{।}$$

$$E_b=V-I_a(R_a+R_{se})$$
$$=২২০-৬০(০\cdot১+০\cdot০৫)$$
$$=\underline{২১১ \text{ ভোল্ট}}\text{।}$$

উদাহরণ ৬-২৪। উপরের উদাহরণের (উদাহরণ ৬-২৩) মোটরটি যদি সর্ট-সান্ট কম্পাউণ্ড মোটর হয়, তবে আর্মেচার-কারেন্ট কত অ্যাম্পিয়ার এবং আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ কত ভোল্ট হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

$$I_{sh}=\frac{V-I_lR_{se}}{R_{sh}}=\frac{২২০-৬২\times০\cdot০৫}{১১০}$$

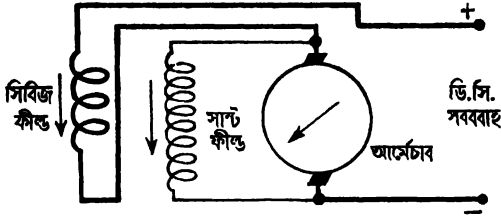
$$=\frac{২১৬\cdot৯}{১১০}=১\cdot৯৭ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

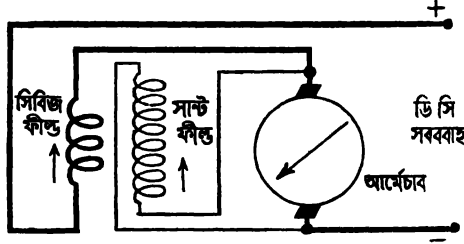
$$I_a=I_l-I_{sh}=৬২-১\cdot৯৭$$
$$=\underline{৬০\cdot০৩ \text{ অ্যাম্পিয়ার}}\text{।}$$

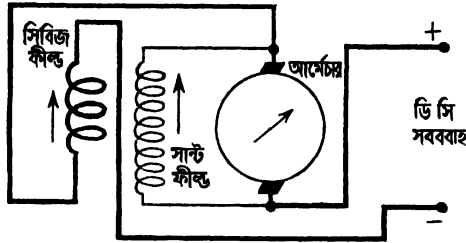
$$E_b=V-I_lR_{se}-I_aR_a$$
$$=২২০-৬২\times০\cdot০৫-৬০\cdot০৩\times০\cdot১$$
$$=\underline{২১০\cdot৯ \text{ ভোল্ট}}\text{।}$$

(ক) কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর (Cumulative Compound Motor) :—

কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরকে বিপরীতদিকে ঘুরাইতে হইলে উহার ফীল্ড এবং আর্মেচারের সংযোগ যে যে উপায়ে পরিবর্তন করিতে হয়, তাহা ১১৭নং চিত্রের বিভিন্ন নক্সাতে দেখানো হইয়াছে।

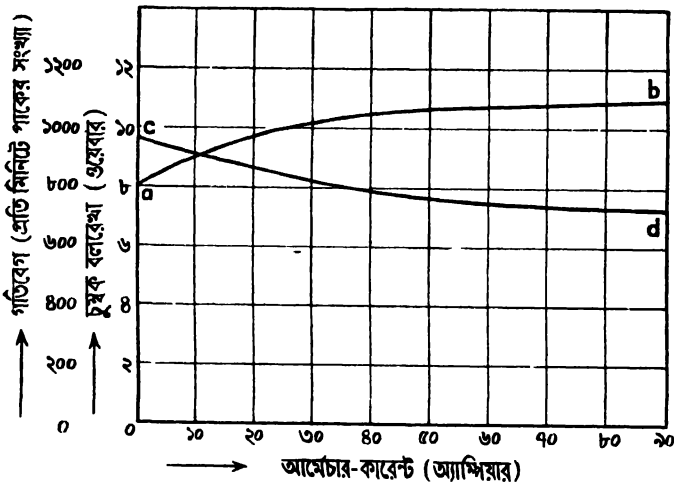
(ক)

মনে কর, মোটরের আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে। এই অবস্থায় সান্ট ফীল্ড আর সিরিজ ফীল্ড উভয়ের মধ্য দিয়াই কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে (অর্থাৎ এক ফীল্ড-কয়েল অন্যকে সাহায্য করিতেছে), আর আর্মেচার দিয়াও কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে আসিতেছে।

(খ)

এখানে আর্মেচার দিয়া কারেন্ট (ক)-এর মতই প্রবাহিত হইতেছে, কিন্তু সান্ট ফীল্ড আর সিরিজ ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়াতে তাহাদের মধ্য দিয়া কারেন্ট নীচ হইতে উপরের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। এই অবস্থায় মোটর দক্ষিণাবর্তে ঘুরিবে।

(গ)

এখানে আর্মেচার, সান্ট ফীল্ড আর সিরিজ ফীল্ড—সব কয়টির সংযোগই উল্টা করিয়া দেওয়া হইয়াছে। অতএব এই অবস্থায় মোটর বামাবর্তে ঘুরিবে।

১১৭নং চিত্র

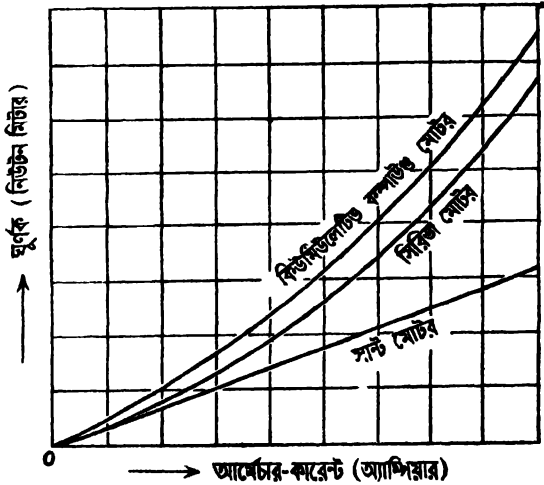
কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের প্রত্যেক ফীল্ড-পোলে সিরিজ কয়েল আর সান্ট কয়েল দুই-ই থাকে বলিয়া দুইয়েরই সমবেত প্রভাবের বশে মোটরের আবর্তনের সংখ্যা বদলায় ; অর্থাৎ সান্ট ফীল্ড মোটরকে একই জোরে চালাইতে চেষ্টা করে, আর সিরিজ

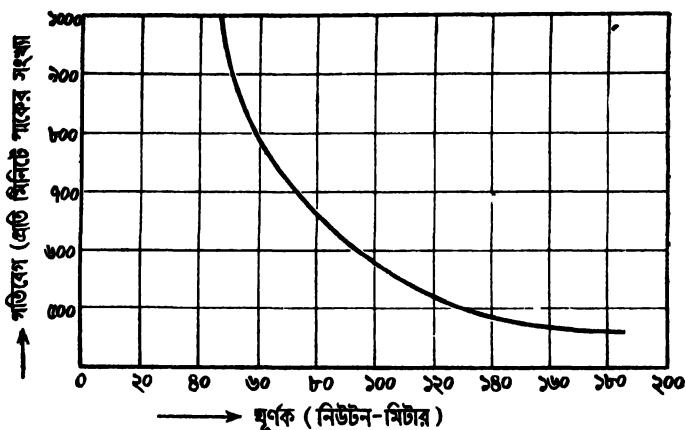
ফীল্ড লোড বৃদ্ধি পাইলে মোটরের গতিবেগ কমাইয়া দেয়। ফলে দুই রকম কয়েলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের অনুপাত-মত পাকের সংখ্যা বদলাইতে থাকে। যদি কোন মোটরের সিরিজ ফীল্ড জনিত চুম্বক বলরেখা শতকরা দশ ভাগ আর সাণ্ট ফীল্ড জনিত বলরেখা শতকরা নব্বই ভাগ হয়, তবে মোটরের আচরণ বেশীর ভাগ সাণ্ট মোটরের মতই হইবে ; আর যদি ঐ বলরেখা যথাক্রমে শতকরা বিশ ভাগ আর শতকরা আশি ভাগ হয়, তবে পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটরের পাকের সংখ্যা পূর্বেকার তুলনায় বেশী কমিবে। লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মোটরের গতিবেগ কিভাবে কমিয়া আসে, তাহা ১১৮নং চিত্রের cd রেখাটি লক্ষ্য করিলেই বুঝিতে পারিবে। এই চিত্রে *ab*-রেখাটির সাহায্যে মোটরের চুম্বকীয় বিশিষ্টতাও দেখানো হইয়াছে। এখন, যদি সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজনের ভাগ ক্রমে ক্রমে বৃদ্ধি করা যায়, তবে দেখা যাইবে যে লোডশূন্য অবস্থায় মোটরের গতিবেগ আরও বাড়িয়া গিয়াছে, আর লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মোটরের গতিবেগ আরও বেশী পরিমাণে হ্রাস পাইতেছে। মোটরে লোড দিলেই সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি করে, ফলে একই আর্মেচার-কারেণ্টের ক্ষেত্রে একটি কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের গতিবেগ সর্বদাই একটি সাণ্ট-মোটরের গতিবেগ অপেক্ষা কম হইয়া থাকে।

কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের চুম্বকীয় বিশিষ্টতা এবং গতিবেগের সহিত লোডের সম্বন্ধ
১১৮নং চিত্র

এইবার কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের ঘূর্ণক আর কারেণ্টের মধ্যে সম্বন্ধ কিরূপ হয়, তাহা লক্ষ্য কর। ১১৯নং চিত্রে মোটরের এই বিশিষ্টতা দেখানো হইয়াছে। পরস্পরের সহিত তুলনা করিবার জন্য ঐ একই চিত্রে একটি সিরিজ মোটর এবং একটি সাণ্ট মোটরের ঘূর্ণকের বিশিষ্টতা-রেখাও আঁকা আছে। চিত্রে দেখা যাইতেছে যে,

সিরিজ মোটরের বিশিষ্টতা-রেখা গোড়ার দিকে যতটা বাঁকা, কম্পাউণ্ড মোটরের বিশিষ্টতা-রেখা ততটা নয়। সিরিজ ফীল্ডের সহিত সাণ্ট ফীল্ডের সহযোগ থাকার জন্যই এই তফাত হইয়াছে, কেন না সাণ্ট মোটরের ঘূর্ণকের রেখাচিত্র একেবারে সোজা। তাই সাণ্ট ফীল্ড থাকার ফলে কম্পাউণ্ড মোটরের ঘূর্ণকে তাহার প্রভাব পড়িয়াছে, অর্থাৎ ঘূর্ণক-রেখাকে অনেকটা সরলরেখা করিয়া আনিয়াছে। ইহার অর্থ এই যে, লোড বৃদ্ধি পাইতে থাকিলেও সাণ্ট মোটর সর্বদা একই জোরে লোড টানিতে চেষ্টা করে, কিন্তু সিরিজ মোটরে তাহা হয় না। এই মোটরে লোড কম পড়িলে ঘূর্ণক সাণ্ট মোটর অপেক্ষা কিছু কম হয় বটে, কিন্তু লোড যত বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, ঘূর্ণকও তত বেশী করিয়া উৎপন্ন হইতে থাকে, আর বেশী লোডে সিরিজ মোটরের ঘূর্ণক সাণ্ট মোটরের ঘূর্ণক অপেক্ষা উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বেশী হয়। মোটরে যত বেশী লোড দেওয়া যায়, সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন ততই চুম্বক বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি করিতে থাকে,

কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরে ঘূর্ণ কর সহিত কারেণ্টের সম্বন্ধ

১১৯নং চিত্র

ফলে মোটরের ঘূর্ণক এইভাবে বৃদ্ধি পায়। আর ঐ একই কারণে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ সমান থাকিলেও (অর্থাৎ লোড সমান হইলেও) সাণ্ট মোটরের তুলনায় কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর অনেকটা বেশী ঘূর্ণক উৎপন্ন করিতে সমর্থ হয়।

ঘূর্ণকের সহিত আবর্তন-সংখ্যার সম্বন্ধ কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের ক্ষেত্রে কিরূপ হইতে পারে, তাহা ১২০নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এখানেও কম্পাউণ্ড মোটর সাণ্ট আর সিরিজ মোটরের মাঝামাঝি চালে চলিতে থাকে, অর্থাৎ ঘূর্ণক কমিতে থাকিলে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের গতিবেগ সাণ্ট মোটর অপেক্ষা বেশী, কিন্তু সিরিজ মোটর অপেক্ষা কম, বৃদ্ধি পায়।

কম্পাউণ্ড মোটরে পাকের সংখ্যার সহিত ঘূর্ণকের সম্বন্ধ
১২০নং চিত্র

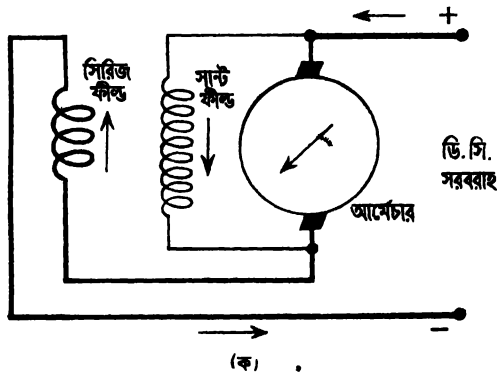
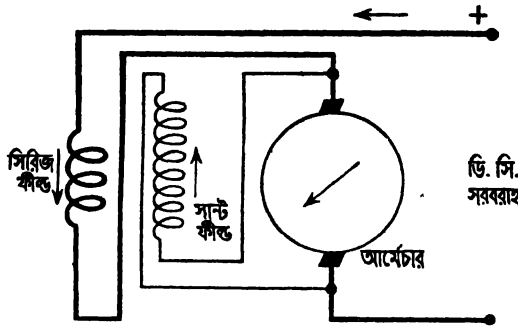
কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের লোড যদি হঠাৎ বৃদ্ধি পায়, তবে উহার আর্মেচার সঙ্গে সঙ্গে ঐ লোডের উপযোগী অধিক পরিমাণ ঘূর্ণক উৎপন্ন করিতে সমর্থ হয়। তাহা ছাড়া লোডশূন্য অবস্থায় বা খুব অল্প পরিমাণ লোডসহ চলিবার সময় টার্মিন্যাল ভোল্টেজ অপরিবর্তিত থাকিলে সিরিজ মোটরের গতিবেগ যেমন বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক হইয়া ওঠে, কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের গতিবেগ তেমন হয় না। এই মোটরের সাণ্ট ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহ লোডের সকল অবস্থাতেই সমান থাকে, ফলে লোডশূন্য অবস্থায়ও সাণ্ট ফীল্ড প্রয়োজনীয় সংখ্যক চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করিতে পারে। তাই মোটরটি লোডশূন্য অবস্থায় একটি সাধারণ সাণ্ট মোটর হিসাবে চলিতে থাকে। যদিও সিরিজ ফীল্ড এই সময় অতি সামান্য সংখ্যক বলরেখা উৎপন্ন করে, আর সেই কারণেই লোডশূন্য অবস্থায় কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের গতিবেগ কিছুটা বৃদ্ধি পায়, তবে গতিবেগের সেই বৃদ্ধি কখনই মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া উঠিতে পারে না। মোটরের এই বিশিষ্টতার জন্য যে-সকল মেসিনে হঠাৎ খুব বেশী লোড পড়ে বা লোডের পরিমাণ হঠাৎ অনেকখানি কমিয়া যায়, কিংবা যে-সকল মেসিনের লোড অনবরতই পরিবর্তিত হইতে থাকে, যেমন—লোহার পাত তৈরী করার কল (rolling mills), পাথর ভাঙার কল, বড় বড় লেদ (lathe), রঁ্যাদা কল (planing machine), কাঠ চেরা কল ইত্যাদি, সেই সকল মেসিন পরিচালনায় কাজে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর অতিশয় উপযোগী। মেসিনের সাহায্যে যখন 'ভারি কোপ' (heavy cut) দেওয়া হয়, কিংবা বড় বড় পাথর ভাঙা সুরু হয়, তখন মোটরে হঠাৎ খুব বেশী লোড পড়ে। আবার একখণ্ড পাথর ভাঙা শেষ হওয়ার পরে নতুন আরেক খণ্ড ভাঙার কাজ শুরু হওয়ার পূর্ব পর্যন্ত মোটরটি হাল্কা লোডে চলিতে থাকে। অনেক সময় এই সকল জায়গায় মোটরের শাফ্‌টের উপর

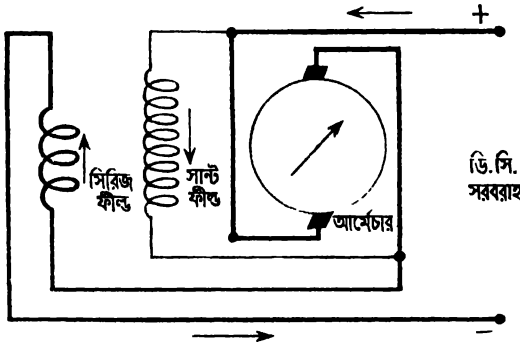
একটি ভারি ফ্লাইহুইল (flywheel) জুড়িয়া দেওয়া হয়, আর তাহার পাশেই পুলির সঙ্গে, বেল্টের সাহায্যেই হউক কিংবা দাঁতাল চাকার (gearing) সাহায্যেই হউক, মেসিন লাগানো থাকে। ইহাতে সুবিধা এই যে, হাল্কা চলার সময় ভারি ফ্লাইহুইলকে পুরা জোরে ঘুরাইতে যে শক্তি খরচ হয়, ঘুরন্ত ফ্লাইহুইলে তাহা সঞ্চিত থাকে। যখন মেসিনে বেশী লোড পড়ে, তখন মোটর আস্তে চলিতে সুরু করে। এই সময় ফ্লাইহুইলে সঞ্চিত শক্তি খরচ হইতে থাকে, অর্থাৎ ভারি বলিয়া ফ্লাইহুইল আগেরমত কতকটা একই বেগে মেসিনকে ঘুরায়, আর ইহাতে মোটরের অনেক সাহায্য হয়।

যে সকল মেসিন চালু করিতে অধিক পরিমাণ ঘূর্ণকের প্রয়োজন হয়, অথচ যেখানে সিরিজ মোটর ব্যবহার করিতে গেলে নানা প্রকার অসুবিধা দেখা দেওয়ার সম্ভাবনা থাকে (যেমন, মোটরকে যদি কখন হাল্কা লোডে চালাইবার প্রয়োজন হয়, তবে সিরিজ মোটর ব্যবহার করিলে গতিবেগ অতিশয় বৃদ্ধি পাইতে পারে), সেখানে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করাই যুক্তিযুক্ত। কপিকল বা ক্রেন্ (crane), উত্তোলন করার যন্ত্র বা এলিভেটর (elevator) প্রভৃতির পরিচালনা এই ধরনের কাজের অন্তর্গত। তাহা ছাড়া, একই লোডের ক্ষেত্রে সিরিজ মোটর অপেক্ষা কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর কিছুটা বেশী ঘূর্ণক উৎপন্ন করিতে সমর্থ হয়। এই দুই কারণে ট্রাম গাড়ী, ট্রলি বাস, বৈদ্যুতিক ট্রেন প্রভৃতি পরিচালনার কাজেও অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সিরিজ মোটরের পরিবর্তে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করিতে দেখা যায়।

(খ) ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটর (Differential Compound Motor) :—

কম্পাউণ্ড মোটরের সিরিজ ফীল্ড যখন উহার সাণ্ট ফীল্ডকে অনবরত বাধা দিতে থাকে, তখন উহাকে "ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটর" বলে। এই মোটরকে বিপরীত দিকে ঘুরাইতে হইলে উহার আর্মেচার এবং ফীল্ড দুইটির সংযোগ যে যে উপায়ে পরিবর্তন করিতে হয়, তাহা ১২১নং চিত্রের বিভিন্ন নক্সাতে দেখানো হইয়াছে।

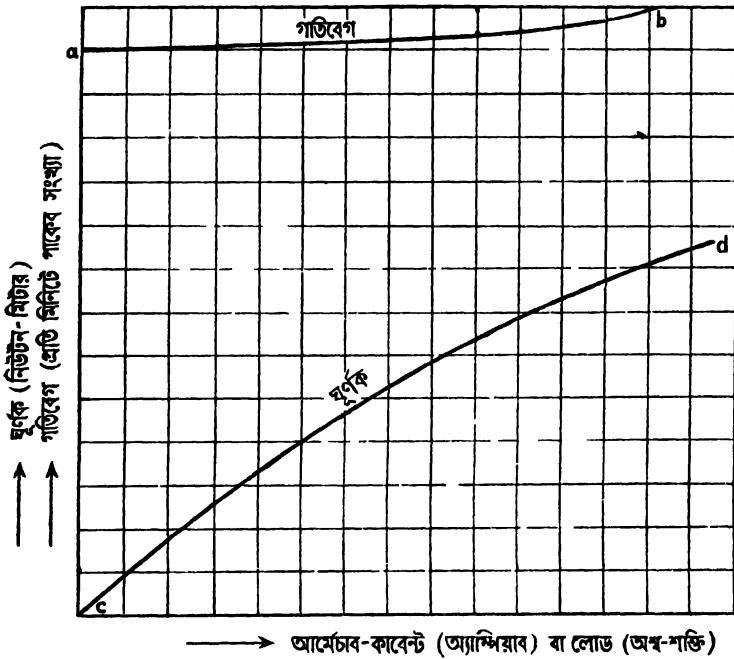
(ক)

মনে কর, মোটরের আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে। এখানে কারেণ্ট আর্মেচার ও সাণ্ট ফীল্ড দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে আর সিরিজ ফীল্ড দিয়া নীচ হইতে উপরের দিকে (অর্থাৎ সাণ্ট ফীল্ডের বিপরীত দিকে) প্রবাহিত হইতেছে।

(খ)

আর্মেচারের সংযোগ (ক)-এর অনুরূপ হওয়াতে কারেণ্ট আর্মেচার দিয়া একই দিকে অর্থাৎ উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। কিন্তু উভয় ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়াতে কারেণ্ট সাণ্ট ফীল্ড দিয়া নীচ হইতে উপরের দিকে আর সিরিজ ফীল্ড দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে যাইতেছে। এই অবস্থায় মোটর দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতে থাকিবে।

(গ)

এখানে উভয় ফীল্ডের সংযোগ (ক)-এর অনুরূপ আছে, আর আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করা হইয়াছে। সুতরাং কারেণ্ট আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ড দিয়া নীচ হইতে উপরের দিকে আর সাণ্ট ফীল্ড দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। এই অবস্থায়ও মোটর দক্ষিণাবর্তে ঘুরিবে।

১২১নং চিত্র

ডিফারেন্‌শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটরে যত বেশী লোড পড়ে, উহার সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে। কিন্তু সাণ্ট ফীল্ডের উত্তেজন মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকে, আর সিরিজ ফীল্ড অনবরত সাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দেয় বলিয়া

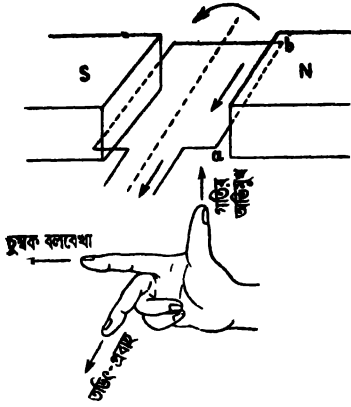
মোটরের লোড যত বৃদ্ধি পায়, ফীল্ডের সমবেত উত্তেজন ততই কমিতে আরম্ভ করে। সেইজন্য সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন এমনভাবে সামঞ্জস্য করিয়া রাখা যায় যাহাতে লোড বৃদ্ধি পাইলে মোটরেব গতিবেগ যতটা কমে, চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পাওয়াতে গতিবেগ আবার ততটাই বৃদ্ধি পায়। ফলে মোটর লোডের সকল অবস্থাতেই প্রায় সমান গতিবেগে চলিতে পারে, এমন কি লোডের পরিমাণ বেশী হইলে উহার গতিবেগ বৃদ্ধি পাইতে পর্যন্ত পারে। মোটরের লোড আর গতিবেগের মধ্যে এই সম্বন্ধ ১২২নং চিত্রে ab-রেখাটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।

ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটরের বিভিন্ন বিশিষ্টতা-রেখা

১২২নং চিত্র

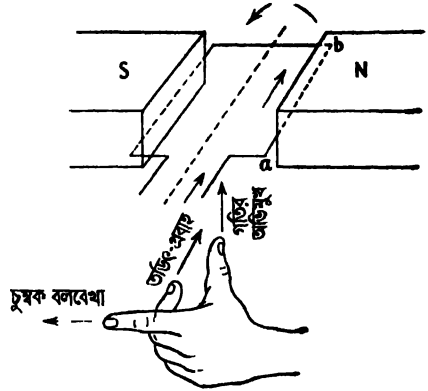
গতিবেগ অপরিবর্তিত থাকিলেও লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পায় বলিয়া ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটরের ঘূর্ণক কিন্তু বিশেষ বাড়ে না। ১২২নং চিত্রে cd-রেখাটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে। মোটরের এই বিশিষ্টতার জন্য যে-সকল কাজে গতিবেগ সমান থাকা বিশেষ প্রয়োজন, অথচ যেখানে লোড খুব বেশী পরিমাণে বাড়ে না বা কমে না, সেখানে ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা চলে। তবে, যেহেতু একটি সাণ্ট মোটরের সাহায্যেই লোডের

সকল অবস্থাতে মোটামুটি অপরিবর্তিত গতিবেগ পাওয়া যায়, তাই ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করার বিশেষ কোন সার্থকতা দেখা যায় না। তাহা ছাড়া, এই শ্রেণীর মোটর ব্যবহার করিবার সময় অনেকগুলি অসুবিধার সম্মুখীন হইতে হয়। যেমন, মোটরের প্রত্যেক পোলের গায়ে সিরিজ ফীল্ড আর সাণ্ট ফীল্ডের কয়েল জড়ানো থাকে, কিন্তু সিরিজ কয়েলের তারের পাকের সংখ্যা সাণ্ট কয়েলের তারের পাকের সংখ্যা অপেক্ষা অনেক কম বলিয়া সিরিজ কয়েলের ইণ্ডাকট্যান্স (inductance) সাণ্ট কয়েলের ইণ্ডাকট্যান্স অপেক্ষা অনেক কম হয়। সেইজন্য মোটরে কারেণ্ট প্রবেশ করা মাত্র সিরিজ ফীল্ড যত শীঘ্র উত্তেজিত হইতে পারে, সাণ্ট ফীল্ড তত শীঘ্র পারে না। কিন্তু সিরিজ ফীল্ড আবার সাণ্ট ফীল্ডের বিপরীত অভিমুখে কাজ করে। অতএব চালু করিবার সময় সিরিজ ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহ যখন অধিক পরিমাণে প্রবেশ করে, তখন চুম্বকের মেরুত্ব বদলাইয়া গিয়া মোটর উল্টা দিকে ঘুরিবার সম্ভাবনা দেখা দেয়। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য অনেক মোটর চালু করার সময় উহার সিরিজ ফীল্ড সর্ট-সারকিট করিয়া রাখার প্রয়োজন হয়। আবার, লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে চুম্বকক্ষেত্রে বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পায়। সেইজন্য মোটরে বেশী লোড পড়িলে উহা অতিশয় জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে, এবং খুব বেশী লোডে এই গতিবেগ মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়াও উঠিতে পারে। তাই খুব ছোট ছোট পরিমাপক যন্ত্র (measuring instruments) ছাড়া কলকারখানায় বড় বড় মেসিন প্রভৃতি পরিচালনার জন্য ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা নিরাপদ নহে।

৬-১১। ডি. সি. জেনারেটারকে মোটর হিসাবে পরিচালনা করিলে আর্মেচার কোন্ দিকে ঘোরে

যদি কোন একটি জেনারেটারে বাহির হইতে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া যায়, তবে উহা মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করে। এখন লক্ষ্য কর উহা কোন্ দিকে ঘোরে—ডাইনামো হিসাবে যে অভিমুখে মেসিনের আর্মেচারকে ঘুরানো হইয়াছিল সেই অভিমুখে, না তাহার বিপরীত অভিমুখে। এখানে প্রথমেই মনে রাখিতে হইবে যে, জেনারেটারের গতির অভিমুখ বাহির করিতে হইলে "ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম" আর মোটরের ক্ষেত্রে "ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত নিয়ম" ব্যবহার করিতে হয়। প্রত্যেকে নিজের নিজের ডান হাত এবং বাঁ হাতের প্রথম তিনটি আঙ্গুলকে একত্রে পরস্পরের সমকোণে এমনভাবে বাঁকাইয়া ধর যাহাতে দুই হাতের তর্জনী একই চুম্বক বলরেখার অভিমুখে, আর বুড়া আঙ্গুল একই গতির অভিমুখে ছড়ানো থাকে। এই রকম করিলে দেখিতে পাইবে, ডান হাতের মাঝের আঙ্গুল (অর্থাৎ জেনারেটারের তড়িৎ-প্রবাহ) বাঁ হাতের মাঝের আঙ্গুলের (অর্থাৎ মোটরের তড়িৎ-প্রবাহের) ঠিক বিপরীত দিকে ছড়ানো রহিয়াছে (১২৩নং চিত্র)।

জেনারেটার

(ক) মনে কর, জেনারেটারে চুম্বক বলরেখা ডান দিক হইতে বাঁ দিকে যাইতেছে (দক্ষিণ হস্তের তর্জনী ইহা নির্দেশ করিতেছে), আর্মেচারকে বামাবর্তে ঘুরানো হইতেছে, আর ইহাতে কয়েলের ab-পরিবাহী নীচ হইতে উপরের দিকে উঠিতেছে (দক্ষিণ হস্তের অঙ্গুষ্ঠ তাহা নির্দেশ করিতেছে); এই অবস্থায় পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহ দর্শকের দিকে থাকিবে (দক্ষিণ হস্তের মধ্যমা তাহা নির্দেশ করিবে)।

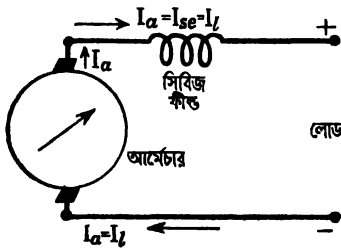
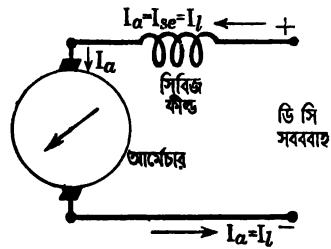
মোটর

(খ) মোটরে চুম্বক-বলরেখা ডানদিক হইতে বাঁ দিকে যাইতেছে (বাম হস্তের তর্জনী ইহা নির্দেশ করিতেছে), এখন যদি আর্মেচারকে বামাবর্তে ঘুরাইতে হয়, অর্থাৎ কয়েলের ab-পরিবাহীকে উপরের দিকে উঠাইতে হয় (ইহা বাম হস্তের অঙ্গুষ্ঠ নির্দেশ করিতেছে), তবে পরিবাহীতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহ a হইতে b-এর দিকে অর্থাৎ জেনারেটারের বিপরীত দিকে থাকিবে (বাম হস্তের মধ্যমা তাহা নির্দেশ করিবে)।

১২৩নং চিত্র

জেনারেটারের ক্ষেত্রে আর্মেচারের পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ হইতেই তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হয়। সেইজন্য আর্মেচারে তড়িৎ-চাপ এবং তড়িৎ-প্রবাহ একই অভিমুখে থাকে, আর পজিটিভ টার্মিন্যাল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ জেনারেটার হইতে বাহির হইয়া যায়। কিন্তু মোটরকে চালাইবার জন্য উহার প্রান্তে যে তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করা হয় এবং তাহার ফলে মেসিনের আর্মেচার দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, তাহা আসে সরবরাহ লাইন হইতে, অর্থাৎ বাহির হইতে। সেইজন্য মোটরের তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ জেনারেটারের তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখের ঠিক বিপরীত থাকে, আর পজিটিভ টার্মিন্যাল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ মোটরে প্রবেশ করে। মোটর চলিতে আরম্ভ করিলে উহার আর্মেচারে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহা কোন তড়িৎ-প্রবাহ সৃষ্টি করে না; বরং তাহা আর্মেচার-কারেন্টকে বাধা দেয়। সেইজন্য এই তড়িৎ-চাপকে বলা হয় বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল (back e. m. f. or counter e. m. f.)।

এখন, বিভিন্ন শ্রেণীর জেনারেটারকে মোটর হিসাবে চালাইতে গেলে তাহাদের আর্মেচার কোন্ দিকে ঘুরিতে পারে, সেই সম্বন্ধে নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইতেছে :

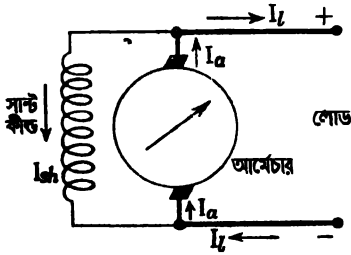
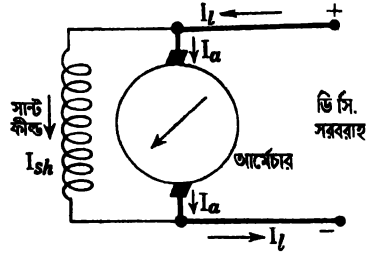
(১) সিরিজ জেনারেটারকে মোটর হিসাবে চালনা করা ঃ—

১২৪নং চিত্রে একটি সিরিজ ডাইনামোকে লাইনের সহিত সংযুক্ত করিয়া একবার জেনারেটার হিসাবে কোন এক নির্দিষ্ট দিকে ঘুরানো হইতেছে, আর একবার সরবরাহ লাইন হইতে উহাতে কারেন্ট পাঠানো হইতেছে। মনে কর, জেনারেটার যে-দিকে ঘুরিতেছে তাহাতে (ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম অনুসারে) উপরের প্রান্ত পজিটিভ আর নীচের প্রান্ত নেগেটিভ হইল। এখন যদি উপরের প্রান্ত দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বাহির হইতে ঐ মেসিনে প্রবেশ করে, তবে দেখা যাইবে যে, মোটর হিসাবে চালাইতে যাওয়ায় মেসিনের আর্মেচার ও ফীল্ড উভয়ের মধ্য দিয়াই কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতেছে। সুতরাং পরিবর্তনের সংখ্যা দুই হওয়াতে মোটরের আর্মেচার জেনারেটারের ন্যায় একই অভিমুখে ঘুরিবার কথা, কিন্তু আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল (যাহার উপরে মোটরে উৎপাদিত শক্তি নির্ভর করে) জেনারেটারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখের বিপরীত হওয়াতে প্রকৃত পক্ষে পরিবর্তনের মোট সংখ্যা তিন হয়। ফলে মোটর হিসাবে মেসিন জেনারেটারের ঠিক বিপরীত দিকে ঘোরে।

(ক) সিরিজ জেনারেটার। তড়িৎ-প্রবাহ পজিটিভ টার্মিন্যাল দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে। কারেন্ট আর্মেচার দিয়া নীচ হইতে উপরের দিকে আর ফীল্ড দিয়া বাঁ দিক হইতে ডান দিকে যাইতেছে।

(খ) সিরিজ মোটর। তড়িৎ-প্রবাহ বাহির হইতে পজিটিভ টার্মিন্যাল দিয়া মেসিনে প্রবেশ করিতেছে। কারেন্ট আর্মেচার দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে আর ফীল্ড দিয়া ডান দিক হইতে বাঁ দিকে যাইতেছে।

১২৪নং চিত্র

এখন, যদি মোটরকে বিপরীত দিকে ঘুরাইতে হয়, তবে মেসিনের আর্মেচার অথবা ফীল্ডের (অর্থাৎ যে-কোন একটির) সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে।

(২) সান্ট জেনারেটারকে মোটর হিসাবে চালনা করা ঃ—

একই সান্ট মেসিনকে জেনারেটার আর মোটর হিসাবে পরিচালনা করিলে আর্মেচারের গতিবেগ যে অভিমুখে থাকে, তাহা ১২৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

সান্ট জেনারেটার। তড়িৎ-প্রবাহ পজিটিভ টার্মিন্যাল দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে, আর্মেচার দিয়া কারেন্ট নীচ হইতে উপরের দিকে আর ফীল্ড দিয়া কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে।

সান্ট মোটর। বাহির হইতে তড়িৎ-প্রবাহ পজিটিভ টার্মিন্যাল দিয়া মেসিনে প্রবেশ করিতেছে; আর্মেচার এবং ফীল্ড উভয়ের মধ্য দিয়াই কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে যাইতেছে।

১২৫নং চিত্র

সান্ট মেসিনে বাহির হইতে কারেন্ট দিলে কেবলমাত্র আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইবার সময়েই তড়িৎ-প্রবাহ দিক-পরিবর্তন করে, ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ জেনারেটারের মতই থাকে। সুতরাং এই অবস্থায় আর্মেচারের উল্টা দিকেই ঘুরিবার কথা, কিন্তু মোটরের আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল জেনারেটারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের বিপরীত দিকে কাজ করে বলিয়া পরিবর্তনের মোট সংখ্যা দুই হয়। সেইজন্য মোটর হিসাবে সান্ট মেসিন জেনারেটারের ন্যায় একই অভিমুখে ঘোরে।

মোটরকে উল্টা দিকে ঘুরাইতে হইলে কেবলমাত্র ব্রাশের সহিত লাইনের সংযোগ উল্টা করিয়া দিলেই চলে। ইহাতে আর্মেচার দিয়া কারেন্ট জেনারেটারের ন্যায় একই দিকে প্রবাহিত হইতে থাকে, আর একমাত্র বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল বিপরীত দিকে কাজ করে বলিয়া পরিবর্তনের মোট সংখ্যা দাঁড়ায় এক। তখন মোটর বিপরীত দিকে ঘোরে।

১২৬(ক)নং চিত্র

কম্পাউণ্ড জেনারেটার। তড়িৎ-প্রবাহ পজিটিভ টার্মিন্যাল দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে; আর্মেচার দিয়া কারেন্ট নীচ হইতে উপরের দিকে, আর সান্ট এবং সিরিজ ফীল্ড দিয়া কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে।

(৩) কম্পাউণ্ড জেনারেটারকে মোটর হিসাবে চালনা করা :—

কম্পাউণ্ড জেনারেটারকে মোটর হিসাবে পরিচালনা করার সময় মনে রাখা দরকার, মেসিনের প্রত্যেক পোল-কোরের গায়ে সান্ট ফীল্ড-কয়েল আর সিরিজ ফীল্ড-কয়েল দুই-ই জড়ানো আছে। অতএব যদি কোন কম্পাউণ্ড

জেনারেটারকে বাহিরের সরবরাহ লাইনের সহিত সংযুক্ত করা যায়, তবে উহার আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ড দিয়া কারেণ্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইবে, কিন্তু সাণ্ট ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ কোনরূপ দিক-পরিবর্তন করিবে না, ফলে সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দিতে থাকিবে এবং মেসিনটি ডিফারেন্শ্যাল মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করিবে। যদি মেসিনকে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর হিসাবে চালাইতে হয়, তবে লাইনের সহিত সংযুক্ত করিবার সময়েই উহার সিরিজ ফীল্ডের কয়েলগুলির সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে যাহাতে সিরিজ এবং সাণ্ট ফীল্ড উভয়ের মধ্যেই তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ অপরিবর্তিত থাকে, আর একটি ফীল্ড অপরটিকে সাহায্য করিতে পারে। এই অবস্থায় মেসিনের আর্মেচার-কারেণ্ট এবং আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল বিপরীত দিকে কাজ করিবে, অর্থাৎ পরিবর্তনের মোট সংখ্যা দুই হইবে। সুতরাং জেনারেটার হিসাবে মেসিনের আর্মেচার যেদিকে ঘুরিতেছিল, মোটর হিসাবেও সেই একই দিকেই ঘুরিবে। ১২৬নং চিত্রের বিভিন্ন নক্সাতে ইহা দেখানো হইয়াছে।

১২৬(খ)নং চিত্র

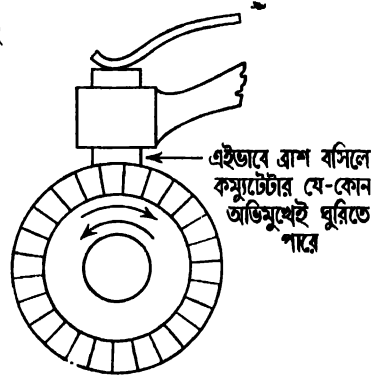
মেসিনকে সরবরাহ লাইনের সহিত সংযুক্ত করার ফলে আর্মেচার এবং সিরিজ ফীল্ড দিয়া কারেণ্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতেছে, কিন্তু সাণ্ট ফীল্ড দিয়া কারেণ্ট ১২৬(ক)-এর মতই উপর হইতে নীচের দিকে যাইতেছে। এই অবস্থায় মেসিন ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটর হিসাবে জেনারেটারের ন্যায় একই অভিমুখে ঘুরিবে।

এখন, যদি মোটরকে বিপরীত দিকে ঘুরাইতে হয়, তবে উহার আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে। মোটরে ইণ্টার পোল থাকিলে তাহাদের সংযোগও আর্মেচারের সহিত একত্রেই পরিবর্তন করিতে হইবে।

১২৬(গ)নং চিত্র

সরবরাহ লাইনের সহিত সংযুক্ত করিবার পর মেসিনের সিরিজ ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়া হইয়াছে; এই অবস্থায় মেসিন কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর হিসাবে ১২৬(ক)-এর ন্যায় একই অভিমুখে ঘুরিবে।

৬-১২। ডি. সি. মেসিনকে উভয় দিকে পরিচালনা করা

যদিও মূলনীতি অনুসারে যে-কোন ডি. সি. মেসিনকে জেনারেটার কিংবা মোটর হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে, কিন্তু অনেক মেসিনকে যে-কোন অভিমুখে ঘুরানো সম্ভব হয় না। যে-সকল মেসিন জেনারেটার হিসাবে ব্যবহার করিবার জন্য তৈরী করা হয়, তাহাদের ইঞ্জিনের সাহায্যে চালানো হয় বলিয়া এক বিশেষ দিকের অভিমুখে ঘুরাইবার পক্ষে উপযুক্ত করিয়া ব্রাশ-হোল্ডারকে বাঁকাভাবে বসানো হয়। ইহাতে আর্মেচার ঘুরিবার সময় ব্রাশের সরু প্রান্তের তলা দিয়া কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টগুলি আবর্তনের অভিমুখে সহজেই বাহির হইয়া যায়। কিন্তু মেসিনকে উভয় দিকে ঘুরাইতে হইলে ব্রাশ-হোল্ডারকে খাড়াভাবে বসাইবার পক্ষে উপযুক্ত করিয়া তৈরী করিতে হয়। ইহাকে ইংরাজিতে "রেডিয়্যাল ব্রাশ" (Radial Brush) বলে। ১২৭নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই এই দুই প্রকার ব্রাশ-হোল্ডারের পার্থক্য সহজে বুঝিতে পারিবে।

১২৭(ক)নং চিত্র

ব্রাশ-হোল্ডার এমনভাবে তৈরী করা আর বাঁকাভাবে বসানো যাহাতে মেসিনের আর্মেচার কেবলমাত্র বামাবর্তে ঘুরিতে পারে। যদি আর্মেচারকে উল্টা দিকে ঘুরাইবার চেষ্টা করা হয়, তবে দুই দুই কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের মধ্যস্থিত অভ্রের অন্তরণে কোন উঁচু অংশ থাকিলে তাহাতে ব্রাশের প্রান্ত ভাগ আট্‌কাইয়া গিয়া ব্রাশের মাথা ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। বাঁকাভাবে বসানো ব্রাশ-হোল্ডার কেবলমাত্র জেনারেটারেই ব্যবহার করা চলে, আর ইঞ্জিনের সাহায্যে জেনারেটারকে সর্বদা একই দিকে ঘুরাইতে হয়।

১২৭(খ)নং চিত্র

ব্রাশ-হোল্ডার খাড়াভাবে বসাইবার পক্ষে উপযোগী করিয়া তৈরী যাহাতে মেসিনের আর্মেচার প্রয়োজনমত যে-কোন দিকে ঘুরিতে পারে। কাজের সুবিধার জন্য মোটরকে যে-কোন দিকে ঘুরানো প্রয়োজন হয় বলিয়া যে-সকল মেসিন প্রধানতঃ মোটর হিসাবে ব্যবহৃত হয়, তাহাদের ব্রাশ-হোল্ডার এইরূপ খাড়াভাবে বসাইবার পক্ষে উপযোগী করিয়া তৈরী করা থাকে।

উদাহরণ ৬-২৫। একটি সান্ট জেনারেটার ১০০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবার সময় প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক ঘোরে। আর্মেচারের রোধ ০·০৩৫ ওম এবং সান্ট ফীল্ডের রোধ ৫০ ওম। ঐ মেসিন যদি ১০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ১০২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করে, তবে উহার গতিবেগ কত হইবে ?

যখন মেসিন জেনারেটার হিসাবে চলে, তখন

$V=১০০$ ভোল্ট, $I_l=১০০$ অ্যাম্পিয়ার এবং $N_1=$ প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক।

মেসিনের $R_a=০·০৩৫$ ওম এবং $R_{sh}=৫০$ ওম।

$$I_{sh}=\frac{V}{R_{sh}}=\frac{১০০}{৫০}=২·০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a=I_l+I_{sh}=১০০+২=১০২·০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore\quad E=V+I_aR_a=১০০+১০২\times০·০৩৫$$

$$=১০৩·৫৭ \text{ ভোল্ট।}$$

কিন্তু $E\propto N_1$,

অতএব ১০৩·৫৭ ভোল্ট ∝ প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক (১)

যখন মেসিন মোটর হিসাবে চলে, তখন

$V=১০০$ ভোল্ট এবং $I_l=১০২$ অ্যাম্পিয়ার।

$$I_{sh}=\frac{V}{R_{sh}}=\frac{১০০}{৫০}=২·০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a=I_l-I_{sh}=১০২-২=১০০·০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore\quad E_b=V-I_aR_a=১০০-১০০\times০·০৩৫=৯৬·৫ \text{ ভোল্ট।}$$

যদি মোটরের গতিবেগ প্রতি মিনিটে N_2 পাক হয়, তবে $E_b\propto N_2$।

অতএব ৯৬·৫ ভোল্ট ∝ N_2 (২)

এখন, (১) ও (২) সমীকরণ হইতে

$$\frac{৯৬·৫}{১০৩·৫৭}=\frac{N_2}{১২০০},$$

$$\therefore\quad N_2=\frac{১২০০\times৯৬·৫}{১০৩·৫৭}=\underline{১১১৯ \text{ পাক (প্রতি মিনিটে)}}\text{।}$$

উদাহরণ ৬-২৬। বেল্টের সাহায্যে প্রাইম মুভারের সহিত যুক্ত থাকিয়া একটি সান্ট জেনারেটার যখন প্রতি মিনিটে ৩০০ পাক আবর্তিত হয়, তখন উহা ২২০-ভোল্ট বাস-বারে ১০০ কিলোওয়াট তড়িৎ শক্তি সরবরাহ করে। বেল্ট ছিঁড়িয়া যাওয়াতে ঐ জেনারেটার এখন বাস-বার হইতে ১০ কিলোওয়াট তড়িৎ শক্তি গ্রহণ করিয়া মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করিল। এই অবস্থায় মেসিনের গতিবেগ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর। আর্মেচারের রোধ ০·০২৫ ওম, সান্ট ফীল্ডের রোধ ৬০ ওম এবং প্রতি ব্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ-চাপের পতন ১ ভোল্ট। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া নগণ্য।

এখানে $R_a=০·০২৫$ ওম,

$R_{sh}=৬০$ ওম,

$V=২২০$ ভোল্ট,

এবং ব্রাশে তড়িৎ-চাপের মোট ঘাটতি = ১ × ২ = ২ ভোল্ট।
মেসিন যখন জেনারেটার হিসাবে চলে, তখন
আউটপুট = ১০০ কিলোওয়াট এবং N_1 = প্রতি মিনিটে ৩০০ পাক।

$$\therefore \quad ১০০ = \frac{V \times I_l}{১০০০},$$

$$\text{অথবা} \quad I_l = \frac{১০০ \times ১০০০}{V} = \frac{১০০ \times ১০০০}{২২০} = ৪৫৪\cdot৫ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২২০}{৬০} = ৩\cdot৭ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_l + I_{sh} = ৪৫৪\cdot৫ + ৩\cdot৭ = ৪৫৮\cdot২ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore \quad E = V + I_a R_a + \text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি}$$
$$= ২২০ + ৪৫৮\cdot২ \times ০\cdot০২৫ + ২ = ২৩৩\cdot৪৬ \text{ ভোল্ট।}$$

কিন্তু $E \propto N_1$,
অতএব ২৩৩·৪৬ ভোল্ট ∝ প্রতি মিনিটে ৩০০ পাক · (১) .

যখন মেসিন মোটর হিসাবে চলে, তখন
ইনপুট = ১০ কিলোওয়াট।

$$\therefore \quad ১০ = \frac{V \times I_l}{১০০০},$$

$$\text{অথবা} \quad I_l = \frac{১০ \times ১০০০}{V} = \frac{১০ \times ১০০০}{২২০} = ৪৫\cdot৭৫ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২২০}{৬০} = ৩\cdot৭ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_l - I_{sh} = ৪৫\cdot৭৫ - ৩\cdot৭ = ৪২\cdot০৫ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore \quad E_b = V - I_a R_a - \text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি}$$
$$= ২২০ - ৪২\cdot০৫ \times ০\cdot০২৫ - ২ = ২১৬\cdot৯ \text{ ভোল্ট।}$$

মোটরের গতিবেগ যদি প্রতি মিনিটে N_2 পাক হয়, তবে $E_b \propto N_2$।
অতএব ২১৬·৯ ভোল্ট $\propto N_2$ ... · (২)
এখন, (১) ও (২) সমীকরণ দুইটি হইতে

$$\frac{২১৬\cdot৯}{২৩৩\cdot৪৬} = \frac{N_2}{৩০০},$$

$$\therefore \quad N_2 = \frac{২১৬\cdot৯ \times ৩০০}{২৩৩\cdot৪৬} = \underline{২৭৯ \text{ পাক (প্রতি মিনিটে)}}\text{।}$$

৬-১৩। ডি. সি. মোটর চালু করা (Starting of D. C. Motors)

চালু করিবার সময় একটি ডি. সি. মোটর যখন নিশ্চল অবস্থায় থাকে, তখন উহার আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল কিছুমাত্র আবিষ্ট হয় না। কিন্তু সুইচ

মারিলেই মোটরের টার্মিন্যালে পূরা লাইন-ভোল্টেজ কাজ করিতে আরম্ভ করে, আর যে-কোন মোটরের আর্মেচারের রোধ খুব কম থাকে বলিয়া তড়িৎ-প্রবাহ তখন অত্যধিক পরিমাণে আর্মেচারে প্রবেশ করিতে উদ্যত হয়। এই তড়িৎ-প্রবাহ, মোটর পূরা লোডসহ চলিবার সময় যে-পরিমাণ কারেণ্ট গ্রহণ করে, তাহা অপেক্ষা বহুগুণ বেশী। অতএব মেন সুইচের ফিউজ-তার যদি জ্বলিয়া না যায়, কিংবা সারকিট ব্রেকারের হাতল যদি খুলিয়া না পড়ে, তবে এমন অবস্থায় মোটরের ব্রাশ, কম্যুটেটার এবং আর্মেচারের কয়েলসমূহ মুহূর্তের মধ্যে পুড়িয়া যাইবে। সুতরাং এইরূপ অবস্থা মোটর চালু করার পক্ষে কোন রকমেই উপযুক্ত বলিয়া বিবেচিত হইতে পারে না।

চালু করিবার সময় মোটরের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ যাহার দ্বারা বাধা পায়, তাহা একমাত্র আর্মেচারের রোধ। অতএব এই সময় যদি কেবলমাত্র আর্মেচার-সারকিটের রোধ বৃদ্ধি করা যায়, তবেই তড়িৎ-প্রবাহের মান নিরাপদ সীমার মধ্যে রাখা যাইতে পারে। এই কারণেই কোন মোটর চালু করিবার আগে আর্মেচারের সহিত সিরিজে একটি পরিবর্তনশীল রোধক (a variable resistor) সংযুক্ত করা হয়। পূরা লোড-সহ চলিবার সময় মোটর যে-পরিমাণ কারেণ্ট গ্রহণ করে, চালু করার মুহূর্তে পরিবর্তনশীল রোধক তড়িৎ-প্রবাহকে তাহার দেড়গুণ হইতে দুইগুণের বেশী বৃদ্ধি পাইতে দেয় না, ফলে মোটরটি নিরাপদে চালু হইতে পারে। পরিবর্তনশীল এই রোধককেই মোটরের **"স্টার্টার"** (Starter) বলে।

চালু হওয়ার পরে মোটরের গতিবেগ আর সেই সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ যত বৃদ্ধি পাইতে থাকে, আর্মেচার-সারকিট হইতে স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স ক্রমশঃ ততই বাদ দিতে হয়। নতুবা মোটর থামিয়া যাওয়ার আশঙ্কা দেখা দেয়। অবশেষে মোটর যখন উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে চলিতে আরম্ভ করে, তখন স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স পুরাপুরি আর্মেচার-সারকিটের বাহিরে রাখা থাকে।

একটি ডি. সি. মোটর চালু করা সম্বন্ধে উপরে এতক্ষণ যাহা সংক্ষেপে বলা হইল, নীচে আবার তাহাই এখন বিশদভাবে ব্যাখ্যা করা হইতেছে :

কোন ডি. সি. মোটরের আর্মেচার দিয়া যে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তাহার পরিমাণ নির্ভর করে লাইন-ভোল্টেজ (V), আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল (E_b), আর আর্মেচারের (অথবা আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ডের সমবেত) রোধ (R_a অথবা R_a+R_{se})-এর উপর, অর্থাৎ—

$$I_a=\frac{V-E_b}{R_a} \quad \text{অথবা} \quad \frac{V-E_b}{R_a+R_{se}} \quad \text{অ্যাম্পিয়ার।}$$

মোটরে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের পরিমাণ শতকরা ৯০ ভাগের মত হয় ; সুতরাং ($V-E_b$)-এর পরিমাণ লাইন-ভোল্টেজের শতকরা দশভাগ আন্দাজ হইয়া থাকে। এই দশভাগ চাপের বশেই মোটর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় ; অর্থাৎ এই দশভাগ চাপকে আর্মেচার কিংবা আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ডের সমবেত রেজিস্ট্যান্স দিয়া ভাগ করিলে যত হয়, তত অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে।

ইহা মোটর চলিতে থাকার সময়কার অবস্থা। কিন্তু চালু করার সময় মোটর যখন স্থির অবস্থায় থাকে, তখন উহার আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ কিছুমাত্র আবিষ্ট হয় না ; ফলে তখন $E_b = ০$ থাকে। যদি এমন অবস্থায় মোটর চালাইবার জন্য সুইচ মারা যায়, তবে সেই মুহূর্তে আর্মেচার দিয়া যে কারেণ্ট প্রবাহিত হইবে, তাহার পরিমাণ $\frac{V}{R_a}$ অথবা $\frac{V}{R_a + R_{se}}$ অ্যাম্পিয়ার হইবে। সাণ্ট মোটরের আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স কিংবা সিরিজ আর কম্পাউণ্ড মোটরের আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ডের সমবেত রেজিস্ট্যান্স খুবই কম। মোটর যত বড় হয়, উহার রেজিস্ট্যান্সও ততই কম থাকে। সুতরাং এই অবস্থায় আর্মেচার দিয়া যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইবে, তাহা মোটরের পূরা লোড-কারেণ্ট অপেক্ষা বহুগুণ বেশী হইবে। এত বেশী কারেণ্ট আর্মেচারের কয়েল সহ্য করিতে পারিবে না, তাই মুহূর্তের মধ্যে আর্মেচার পুড়িয়া যাইবে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, চালু করিবার সময় আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট থাকে না বলিয়াই মোটর পুড়িয়া যাওয়ার সম্ভাবনা উপস্থিত হয়। এই অবস্থার প্রতিকারের জন্য তখন আর্মেচারের সহিত এমন একটি অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যোগ করিয়া দিতে হয়, যাহার মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে গেলে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের সমপরিমাণ চাপের ঘাটতি হইতে পারে ; অর্থাৎ তখন

$$I_a = \frac{V - I_a R}{R_a} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইলে তবেই মোটর চালু করা সম্ভব হয়। এখানে R-দ্বারা অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সকে বুঝানো হইয়াছে। এই অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্স, যাহা মোটর চালু করিবার সময় আর্মেচারের সহিত সিরিজে যোগ করা হয়, তাহাকেই ইংরাজিতে "স্টার্টার" বলে।

স্টার্টার সিরিজে যোগ করিয়া দিলেই কিন্তু সকল সমস্যার সমাধান হইয়া যায় না। মোটর চলিতে আরম্ভ করিলেই আর্মেচারের পরিবাহীসমূহ চুম্বক বলরেখা কর্তন করিতে থাকে, আর তাহাতে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের সৃষ্টি হয়। এই সময়

$$I_a = \frac{V - (I_a R + E_b)}{R_a} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হয় বলিয়া আর্মেচার দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ বড় বেশী কমিয়া যায়। যদি তখন সমবেত চাপের ঘাটতি [অর্থাৎ $(I R + E_b)$] কিছু কম করা না হয়, তবে মোটর চলিতে পারে না। অতএব এই সময় যাহাতে আর্মেচার দিয়া কারেণ্ট উপযুক্ত পরিমাণে প্রবাহিত হইতে পারে, সেইজন্য অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ একটু কম করিতে হয়। R-কে কমাইয়া দিলেই পূর্বাপেক্ষা বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে থাকে, ফলে মোটরের গতিবেগ আর একটু বৃদ্ধি পায়। কিন্তু গতিবেগ একটু বৃদ্ধি পাইলে সেই সঙ্গে E_b আবার একটু বাড়ে, কারণ

$E_b \propto N$ (N-দ্বারা মোটরের গতিবেগ বুঝানো হইয়াছে),

আর E_b বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে সমবেত তড়ি-চাপের ঘাটতি পুনরায় বৃদ্ধি পায়; ফলে আর্মেচার-কারেন্ট আবার বড় বেশী কমিয়া যায়। কাজেই R-কে আবার আরও একটু কমাইতে হয়। তখন কারেন্ট বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য মোটর আবার আরও একটু জোরে চলিতে থাকে।

এইভাবে প্রতিবারে একটু একটু করিয়া উপযুক্তমত স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স কমাইয়া দিলে মোটরের আর্মেচারও একটু একটু করিয়া বেশী জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে। যখন অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সের সমস্তটা বাদ পড়ে, তখন মোটর উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে চলিতে থাকে বলিয়া বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ পুরা মাত্রায় আর্মেচারে আবিষ্ট হয়; ফলে আর্মেচারের পরিবাহী দিয়া কারেন্টও উপযুক্ত পরিমাণে প্রবাহিত হইতে থাকে। ডি. সি. মোটর চালু করিবার ইহাই প্রচলিত পদ্ধতি।

এই প্রসঙ্গে যে-কথাটি মনে জাগিতে পারে তাহা এই যে, মোটর চালু করিবার সময় আর্মেচার-কারেন্টকে কতদূর পর্যন্তই বা বেশী হইতে দেওয়া নিরাপদ, আর কতদূর পর্যন্তই বা তাহা কমিতে দেওয়া চলে। এখন মনে রাখা প্রয়োজন যে, যদিও কোন পরিবাহী দিয়া অধিক পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হইলে তাহা পুড়িয়া যায়, কিন্তু সেই তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ পরিবাহীর সাধারণ বহন-ক্ষমতার বহুগুণ বেশী হওয়া দরকার। পরিবাহী দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয়, সেই তাপ পরিবাহীর উত্তাপ বৃদ্ধি করে, ক্রমে সেই উত্তাপ পরিবাহীর ধাতুর গলন-উত্তাপে (melting temperature) পৌছায়, তখন পরিবাহী পুড়িয়া যায়। অতএব অল্প সময়ের জন্য কোন পরিবাহী বা তার দিয়া কিছু বেশী কারেন্ট স্বচ্ছন্দে পাঠানো চলে, বিশেষতঃ সেই কারেন্ট যদি কেবলমাত্র দুই এক সেকেণ্ড সময়ের জন্য প্রবাহিত হয়। এই কারণে স্টার্টারের তারের অংশের রেজিস্ট্যান্স এমন হিসাব করিয়া দেওয়া থাকে যাহাতে মোটর চালু করিবার সময় (during the starting period) আর্মেচার দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহার পরিমাণ পুরা লোড-কারেন্ট (full load-current) হইতে সুরু করিয়া সেই কারেন্টের দেড়গুণ হইতে দুইগুণ পর্যন্ত বৃদ্ধি পাইতে পারে; অর্থাৎ চালু করিবার সময় আর্মেচার-কারেন্ট, পুরা লোডসহ চলিবার সময় মোটর যে পরিমাণ কারেন্ট গ্রহণ করে, একবার তাহার দেড়গুণ হইতে দুইগুণ পর্যন্ত ওঠে, পুনরায় আস্তে আস্তে পুরা লোডের কারেন্ট পর্যন্ত নামিয়া আসে। এই সময়ের মধ্যে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পায় বলিয়া বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ বাড়ে, আর সেইজন্যই আর্মেচার-কারেন্ট কমিয়া পুরা লোড-কারেন্টের সমান হয়। আর্মেচার কারেন্টের পরিমাণ সর্বনিম্ন হইলে তখন স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের কিছু অংশ বাদ দেওয়া হয়, সঙ্গে সঙ্গে কারেন্ট আবার বৃদ্ধি পাইয়া উচ্চতম সীমায় ওঠে। কারেন্ট বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য মোটর আরও একটু জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে। ফলে E_b আরও বৃদ্ধি পায়, তখন কারেন্ট আবার নিম্নতম সীমায় নামিয়া আসে। যতক্ষণ পর্যন্ত স্টার্টারের সমস্ত রেজিস্ট্যান্স কাটা হইয়া না যায়, ততক্ষণ পর্যন্ত এইরকমই চলিতে থাকে। যখন স্টার্টারের সমস্ত রেজিস্ট্যান্স বাদ পড়ে, তখন আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ পুরা মাত্রায় আবিষ্ট হয়; ফলে আর্মেচার দিয়া

কারেণ্ট উপযুক্ত পরিমাণে প্রবাহিত হইতে পারে, আর সেই সঙ্গে মোটরও উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরিতে আরম্ভ করে। এই অবস্থায় মোটর চালু করার কাজ শেষ হয়।

মোটর চালু করিতে কতক্ষণ সময় লাগা উচিত

একটি মোটর চালু করিতে যত সময় লাগা উচিত, তাহা নির্ভর করে মোটরের লোড আর আকারের (অর্থাৎ অশ্ব-শক্তির) উপর। যদি মোটরকে অধিক পরিমাণ লোডসহ চালু করিতে হয়, কিংবা যদি বড় মোটর হয়, তবে সেই মোটরকে চালু করিতে কিছু বেশী সময় দেওয়া উচিত। কিন্তু যদি ছোট মোটর হয়, কিংবা চালু করিবার সময় লোডের পরিমাণ খুব কম থাকে অথবা লোড একেবারেই না থাকে, তবে অল্প সময়ের মধ্যেই মোটরকে চালু করা যাইতে পারে। এই বিষয়ে যে নিয়ম সাধারণভাবে কার্যক্ষেত্রে অনুসরণ করা হয়, তাহার একটা মোটামুটি হিসাব নিম্নে দেওয়া হইল :—

যদি চালু করিবার সময় মোটরকে পূরা লোডের উপযুক্ত ঘূর্ণক উৎপাদন করিতে হয়, তবে তাহাতে যে পরিমাণ সময় লাগা উচিত তাহা মোটরের অশ্ব-শক্তি × $\frac{1}{2}$ সেকেণ্ড + ৫ সেকেণ্ড, এই হিসাবে ধরা হইয়া থাকে : অর্থাৎ একটি ১০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন মোটরকে যদি পূরা লোডসহ চালু করিতে হয়, তবে ঐ কাজে ১০ × $\frac{1}{2}$ + ৫ = ১০ সেকেণ্ড সময় লাগা উচিত। যদি ইহা অপেক্ষা কম সময়ে মোটরটি চালু করা হয়, তবে (পোল-কোরে চুম্বকত্ব উৎপন্ন হইতে কিছু সময় লাগে বলিয়া) চুম্বকক্ষেত্রে উপযুক্ত সংখ্যক বলরেখা উৎপন্ন হইবার পূর্বেই মোটরের আর্মেচার-সারকিটে পূরা লাইন-ভোল্টেজ কাজ করিতে থাকিবে, ফলে মোটরটি অতিরিক্ত জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করিবে। একটি ৫ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন মোটরের পোল-কোরে পূরা চুম্বক-শক্তি উৎপন্ন হইতে তিন হইতে চারি সেকেণ্ড আন্দাজ সময় লাগে, সেইরূপ, একটি ১৫ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন মোটরের ১৫ সেকেণ্ড আন্দাজ সময়ের দরকার হয়। অন্যদিকে, যদি আবার অতিশয় ধীরে ধীরে মোটর চালু করা যায়, তবে স্টার্টারের কয়েলগুলি অতিরিক্ত গরম হইয়া পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। তাহা ছাড়া, স্টার্টারের হাতল এক-একটি বোতামের উপর দিয়া গেলে মোটর এক-একটি নির্দিষ্ট গতিবেগে চলিতে থাকে ; সুতরাং মোটর নির্দিষ্ট গতিবেগে চলিতে আরম্ভ করার পরেও স্টার্টারের হাতলকে সেই বোতামের (stud) উপর ধরিয়া রাখার কোন অর্থ হয় না।

খুব ছোট ছোট মোটর সাধারণতঃ স্টার্টারের সাহায্য ছাড়াই চালু করা হয়। সেক্ষেত্রে কেবলমাত্র সুইচের দ্বারা মোটরটি সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত থাকে। আজকাল কোন কোন প্রস্তুতকারক ৭.৫ অশ্ব-শক্তি পর্যন্ত ক্ষমতাসম্পন্ন মোটর যাহাতে স্টার্টার না দিয়া সরাসরি সরবরাহ লাইনে সংযুক্ত করিয়া চালানো যায়, সেইমত উপযুক্ত করিয়া তৈরী করে। তবে মোটরের ক্ষমতা এক অশ্ব-শক্তি অপেক্ষা বেশী হইলেই অধিকাংশ ক্ষেত্রে স্টার্টার ব্যবহার করিতে দেখা যায়।

(১) স্টার্টারের ভিন্ন ভিন্ন অংশ (Different Parts of a Starter)

স্টার্টার প্রধানতঃ এমন একটি রেজিস্ট্যান্স লইয়া গঠিত, যাহা কম-বেশী করা চলে (a variable resistance) ; কিন্তু ইহা ছাড়াও স্টার্টারে অন্যান্য অংশ আছে। এই সকল অংশের সংক্ষিপ্ত বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

স্টার্টার বলিতে একটি বাক্স বুঝায় যাহার ভিতরে কম-বেশী করা যায় এইরূপ একটি রেজিস্ট্যান্স বা রোধক থাকে। বাক্সের চাপার (cover) উপরে কতকগুলি পিতলের বোতাম বা চাকতি (buttons or studs), কিংবা পিতল বা তামার সেগ্‌মেণ্ট (segments) বা টুক্‌রা থাকে। এই বোতাম বা সেগ্‌মেণ্টগুলিকে পরস্পরের কাছ হইতে একটু দূরে দূরে বসানো হয়। পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি বোতামের মধ্যে দূরত্ব এমন হওয়া প্রয়োজন যাহাতে তাহাদের উপর দিয়া যে হাতল ঘোরে, সেই হাতলের অগ্রভাগের একটি কোণ যখন কোন একটি বোতাম স্পর্শ করে, তখন হাতলের অপর কোণ যেন পাশের বোতামের উপর একটু লাগিয়া থাকে , অর্থাৎ হাতলের অগ্রভাগের "কন্‌ট্যাক্ট" (contact) যতটা চওড়া, পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি বোতামের মধ্যের ফাঁক তাহা অপেক্ষা যেন একটু কম চওড়া হয়। এই বোতামগুলির ভিতর-পীঠের সঙ্গে, এক-একবারে স্টার্টারের যতটা করিয়া রেজিস্ট্যান্স আর্মেচার-সারকিট হইতে বাদ পড়ে, ততটা রেজিস্ট্যান্স সংযুক্ত থাকে। একটি করিয়া তারের সাহায্যে প্রতিটি বোতাম ও রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে সংযোগ সাধিত হয়। ইহা ছাড়া আর একটি বাড়তি বোতাম বা সেগ্‌মেণ্ট সকলের বাঁ দিকে থাকে যাহার উপরে হাতল থাকিলে স্টার্টারে কারেণ্ট আসা বন্ধ হইয়া যায়, কারণ সেই বোতামের সহিত সরবরাহ লাইনের কোন সংযোগ থাকে না। মোটর যখন না চলে, তখন হাতল ঐ বোতামের উপরে থাকে। যে চাপার উপরে স্টার্টারের সকল অংশ বসানো থাকে, তাহা স্লেট-পাথর, কিংবা 'এবনাইট' (ebonite), কিংবা অন্য কোন অপরিবাহী পদার্থের দ্বারা তৈরী। হাতলের কীলকের (pivot) দিকে একটি স্প্রীং এমনভাবে উহার সহিত লাগানো থাকে যে, হাতলকে বাঁ দিক হইতে ডান দিকে যতই সরাইয়া দেওয়া যায়, ততই স্প্রীং জড়াইতে থাকে , ফলে যেখান হইতেই হাতলকে ছাড়িয়া দেওয়া হউক না কেন, স্প্রীংয়ের আকর্ষণে উহা বাঁ দিকের সব-শেষ বোতামের উপরে ফিরিয়া আসিবেই। বাঁ দিকের এই সব-শেষ বোতামকে ইংরাজিতে "অফ্‌ পজিশন্‌" (off-position) বা "জিরো পজিশন্‌" (zero-position) (বাংলায়, খোলা-অবস্থান) আর ডান দিকের সব-শেষ বোতামকে "অন্‌ পজিশন্‌" (on-position) (বাংলায়, চালু-অবস্থান) বলে। মোটরের চলন্ত অবস্থায় ডান দিকের এই সব-শেষ বোতামের উপরেই হাতল অবস্থান করে।

হাতলের স্প্রীং স্টার্টারের এক অপরিহার্য অংশ। যদি স্প্রীং না থাকিত, তবে হাতলকে যেখানে ছাড়িয়া দেওয়া যাইত, সেখানেই থাকিত। কিন্তু স্প্রীং থাকাতে তাহা হয় না। ছাড়িয়া দেওয়া মাত্রই হাতল একেবারে বাঁ দিকের সব-শেষ

বোতামের উপর ফিরিয়া আসে। যিনি মোটর চালু করেন, তাঁহার ভুলের জন্য যাহাতে মোটরের কোনরূপ ক্ষতি হইতে না পারে, সেইজন্যই এইরূপ বন্দোবস্ত করা থাকে। মোটর চালু করিতে গেলেই আর্মেচারের সহিত স্টার্টারের সমস্ত রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যোগ করিতে হয়। যদি হাতলে স্প্রীং দেওয়া না থাকে, তবে মোটর বন্ধ করিবার পরে স্টার্টারের হাতলকে ঘুরাইয়া খোলা-অবস্থানে (off-position) না আনিলে, কিংবা পরে আবার যখনই মোটরকে চালু করিতে হয়, তখন আগে স্টার্টারের হাতলকে খোলা-অবস্থানে আনিয়া পরে সুইচ না মারিলে, আর্মেচার পুড়িয়া যাইতে পারে। কিন্তু মোটর চালু করিতে গিয়া যদি এই কাজের কথা চালকের মনে না থাকে, তবে মোটরের ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয়। যাহাতে কিছুতেই এইরূপ ভুল না হইতে পারে, সেইজন্যই স্টার্টারে স্প্রীং ব্যবহারের প্রথা প্রবর্তন করা হইয়াছে। স্প্রীং থাকার জন্য যখনই মোটর বন্ধ হয়, তখনই হাতল আপনা হইতে খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে। কিন্তু ইহাতে আবার অন্য এক জটিলতার উৎপত্তি হয় মোটর যতক্ষণ চলিতে থাকে, ততক্ষণ যদি ডানদিকের সব-শেষ বোতামের উপরে (অর্থাৎ অন্ পজিশনে) স্টার্টারের হাতলকে চাপিয়া ধরিয়া কেহ দাঁড়াইয়া না থাকে, তবে স্প্রীংয়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসিবে, ফলে সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগও বিচ্ছিন্ন হইয়া যাইবে। কার্যক্ষেত্রে অবশ্য এই প্রকার পরিস্থিতির উদ্ভব কখনও হয় না, কারণ এই অসুবিধার বিহিত স্টার্টারের ভিতরেই করা থাকে।

স্টার্টারে যে-সকল বোতাম বা সেগ্‌মেণ্ট ব্যবহার করা হয়, তাহাদের ডানদিকের সব-শেষ বোতামের পাশেই একটি নরম লোহার (soft-iron) তড়িৎ-চুম্বক থাকে। এই চুম্বকের কয়েল দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহা স্টার্টারের প্রথম বোতাম (সরবরাহ লাইনের সহিত সংযোগ যে বোতাম হইতে সুরু হয়) দিয়া প্রবাহিত কারেণ্টের একটা অংশ। ফলে যে-মুহূর্তে মোটর চলিতে আরম্ভ করে, সেই মুহূর্ত হইতে এই তড়িৎ-চুম্বক উত্তেজিত (energised) হইয়া থাকে। এদিকে হাতলের গায়ে এক টুক্‌রা লোহা এমনভাবে লাগানো থাকে যাহাতে হাতল ডানদিকের সব-শেষ বোতামের উপর আসিলেই লোহা সেই তড়িৎ-চুম্বকের পোলের গায়ে ঠেকিয়া যায়। তখন চুম্বক লোহাকে আকর্ষণ করে এবং লোহাসুদ্ধ হাতলকে টানিয়া ধরে। চুম্বকের এত জোর থাকে যে, তাহা হাতলকে স্প্রীংয়ের টানের বিপরীতে বরাবর ধরিয়া রাখিতে পারে। সেইজন্য মোটর চালু হওয়ার পরে কোন ব্যক্তিকে হাত দিয়া হাতল চাপিয়া ধরিয়া দাঁড়াইয়া থাকিতে হয় না। যখনই মোটর বন্ধ করিবার জন্য সুইচ খোলা হয়, তখনই তড়িৎ-চুম্বকের উত্তেজন নিঃশেষ হইয়া যায়; ফলে হাতল ঘুরিয়া খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে। যে কয়েলের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার জন্য এই তড়িৎ-চুম্বক উত্তেজিত হয়, তাহাকে **"নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল" (No-Volt Release Coil)** বা **"লো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল" (Low-Volt Release Coil)** বলে। স্টার্টারের ইহা একটি অতি প্রয়োজনীয় অংশ।

স্টার্টারের অপর একটি প্রয়োজনীয় অংশের নাম **"ওভার-লোড রিলীজ কয়েল" (Over-Load Release Coil)** বা **"ওভার-কারেণ্ট রিলীজ কয়েল" (Over-Current Release Coil)**। এই কয়েল অতিরিক্ত তড়িৎ-প্রবাহের হাত হইতে আর্মেচারকে রক্ষা করে। যখন মোটরে অতিরিক্ত লোড পড়ে, তখন আর্মেচার দিয়া এত বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করে যে, তাহা মোটরের পক্ষে ক্ষতিকর হইয়া ওঠে। ওভার-লোড কয়েল মোটরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে বলিয়া এই কয়েলের মধ্য দিয়া পূরা লাইন-কারেণ্ট প্রবাহিত হয়। যখন লাইন-কারেণ্ট মোটরের পূরা লোডের কারেণ্ট অপেক্ষা বেশী হয়, তখন ওভার-লোড কয়েল একটি তড়িৎ-চুম্বককে উত্তেজিত করিয়া তোলে। এই চুম্বকের পোলের সামান্য একটু দূরে এক টুকরা লোহা এমনভাবে রাখা থাকে যাহাতে তাহা একদিকের একটি কীলক (pivot) অবলম্বন করিয়া ঘুরিতে পারে। লোহার অন্যদিকে একটি কন্‌ট্যাক্ট থাকে। চুম্বক উত্তেজিত হইয়া লোহাকে আকর্ষণ করিবামাত্র এই কন্‌ট্যাক্ট নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েলের প্রান্ত দুইটি সর্ট-সারকিট করিয়া দেয়, ফলে ঐ কয়েল দিয়া তখন আর তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে না। ইহাতে যে তড়িৎ-চুম্বক স্টার্টারের হাতলকে চালু-অবস্থানে ধরিয়া রাখে, তাহার চুম্বকত্ব নিঃশেষ হইয়া যায়, আর স্প্রীংয়ের আকর্ষণে হাতল তখন খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে। এইভাবে মোটর অতিরিক্ত তড়িৎ-প্রবাহের হাত হইতে রক্ষা পায়।

কোন কোন স্টার্টারে এমন ব্যবস্থা করা থাকে যাহাতে ঘরের যে-কোন জায়গা হইতে মোটরকে বন্ধ করা চলে। এই সকল ব্যবস্থা আর পরিবর্তনশীল রোধক, সবকিছু একত্রে লইয়া ডি. সি. মোটরের স্টার্টার গঠিত হয়।

ডি. সি. স্টার্টারকে প্রধানতঃ দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যাইতে পারে—সাণ্ট মোটরের স্টার্টার আর সিরিজ মোটরের স্টার্টার। কম্পাউণ্ড মোটরের স্টার্টারের সহিত সাণ্ট মোটরের স্টার্টারের সাধারণতঃ কোন তফাত থাকে না। এই স্টার্টার আবার দুই রকমের হয়—"ফেস্-প্লেট্ স্টার্টার" (Face-Plate Starter) আর "মাল্টিপল্-সুইচ স্টার্টার" (Multiple-Switch Starter)। মাল্টিপল্-সুইচ স্টার্টারকে "কন্‌ট্যাক্টার-টাইপ স্টার্টার"-ও (Contactor-Type Starter) বলে। ফেস্-প্লেট্ স্টার্টারের হাতল ছোট ছোট বোতামের উপর দিয়া চালনা করা হয়। ইহা ক্ষুদ্র ও মাঝারি আকারের মোটর চালু করিবার পক্ষে অতিশয় উপযোগী। কিন্তু বড় বড় মোটর সরবরাহ লাইন হইতে বেশী পরিমাণ কারেণ্ট গ্রহণ করে বলিয়া স্টার্টারে অপেক্ষাকৃত বড় আকারের কন্‌ট্যাক্ট ব্যবহার করিতে হয়। ফেস্-প্লেট্ স্টার্টারে এই ধরনের কন্‌ট্যাক্ট ব্যবহার করা অসুবিধাজনক। তাই বড় মোটর চালু করিবার জন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মাল্টিপল্-সুইচ স্টার্টার ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

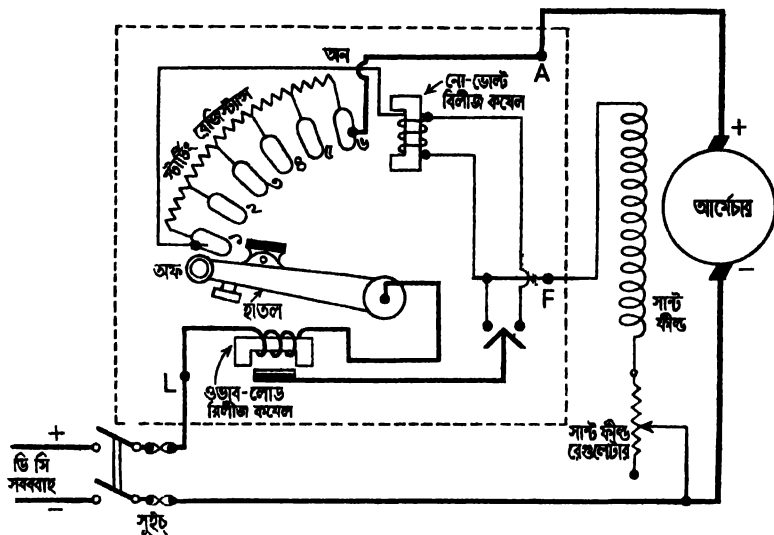
(২) সাণ্ট মোটরের স্টার্টার (Shunt Motor Starters)

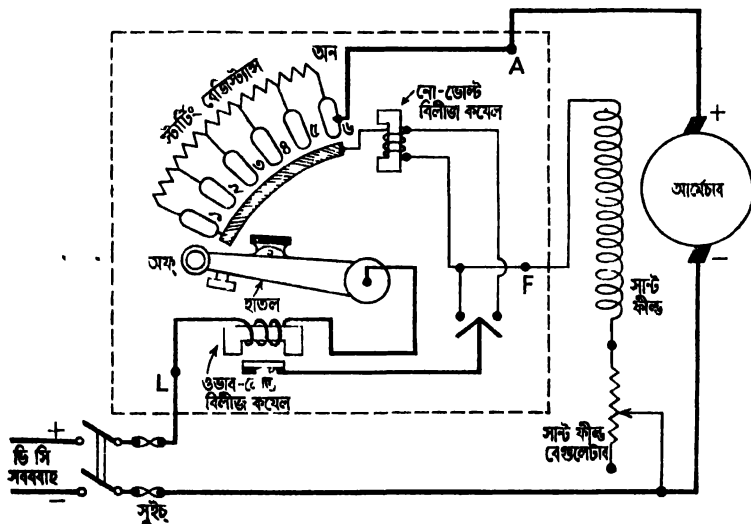
ছোট এবং মাঝারি আকারের সাণ্ট আর কম্পাউণ্ড মোটরের জন্য সাধারণতঃ ফেস্-প্লেট্ স্টার্টারই ব্যবহার করা হয়। এই স্টার্টার দুই রকমের হইয়া থাকে—

তিন-প্রান্ত ওয়ালা বা থ্রী-পয়েণ্ট স্টার্টার, আর চার-প্রান্ত ওয়ালা বা ফোর-পয়েণ্ট স্টার্টার।

(ক) তিন-প্রান্ত ওয়ালা বা থ্রী-পয়েণ্ট স্টার্টার (Three-Point Starter)

এই জাতীয় স্টার্টারে তিনটি প্রান্ত বা টার্মিন্যাল থাকে—L, A, আর F। ইহারা যথাক্রমে লাইন, আমেচার এবং ফীল্ড সূচনা করে। সুইচের পজিটিভ প্রান্ত হইতে একটি তার লইয়া 'L'-প্রান্তের সহিত যোগ করা হয়। স্টার্টারের ভিতর-পীঠে এই L-এর সহিত ওভার-লোড বা ওভার-কারেণ্ট কয়েলের একটি প্রান্ত জোড়া থাকে, আর কয়েলের অন্য প্রান্ত স্টার্টারের হাতলের সঙ্গে লাগানো থাকে। হাতলের মুণ্ডি (knob) কাঠ বা এবনাইট (ebonite) বা অন্য কোন অপরিবাহী পদার্থের দ্বারা তৈরী করা হয় যাহাতে মোটরের চালক এই মুণ্ডি ধরিয়া হাতলকে বোতামের উপর দিয়া বাঁ দিক হইতে ডান দিকে সরাইতে পারে। মোটর চালু করিবার সময় প্রথমে যখন ১নং বোতামের সহিত হাতলের সংযোগ হয়, তখন সরবরাহ লাইন হইতে তড়িৎ-প্রবাহ ঐ বোতামে গিয়া পৌঁছায়, আর বোতামের ভিতর-পীঠে লাগানো রেজিস্ট্যান্স দিয়া কারেণ্টের প্রধান অংশ একেবারে 'A'-প্রান্তে চলিয়া যায়। স্টার্টারের এই প্রান্তের সহিত আর্মেচারের সংযোগ থাকে বলিয়া চালু করিবার সময় স্টার্টারের পরিবর্তনশীল রোধকের সমস্তটাই আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হয়। তাই এই রোধকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইলে তবেই কারেণ্ট আর্মেচারে পৌঁছাইতে পারে।

তড়িৎ-প্রবাহের প্রধান অংশ ১নং বোতামের মধ্য দিয়া A-প্রান্তে যাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে অন্য একটি তার দিয়া উপযুক্ত পরিমাণ কারেণ্ট নো-ভোল্ট বা লো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল হইয়া 'F'-প্রান্তে যায় এবং সেখান হইতে মোটরের সাণ্ট ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হয়। কোন কোন স্টার্টারে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল সরাসরি ১নং বোতামের সহিত সংযুক্ত থাকে, আবার কোন কোনটিতে ১নং বোতাম আর কয়েলের মধ্যে বৃত্তখণ্ডের আকারে উপযুক্ত মাপের একখানা পিতলের কন্‌ট্যাক্ট (brass arc) বসানো থাকে। এই উভয় প্রকার বন্দোবস্ত যথাক্রমে ১২৮(ক) এবং ১২৮(খ)নং চিত্র দুইটিতে দেখানো হইয়াছে। যেখানে পিতলের বৃত্তখণ্ড ব্যবহার করা হয়, সেখানে হাতলের গড়ন এমন হওয়া চাই যাহাতে বোতামগুলি স্পর্শ করিয়া বাঁ দিক হইতে ডান দিকে অগ্রসর হওয়ার সময় স্টার্টারের হাতল যেন পিতলের উপরিভাগও স্পর্শ করিতে পারে। হাতল এইভাবে অগ্রসর হইলে স্টার্টারের পরিবর্তনশীল রোধক সর্বদাই সাণ্ট ফীল্ডের বাহিরে থাকিয়া যায়, কিন্তু নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল যদি ১নং বোতামের সহিত সরাসরি যুক্ত থাকে, তবে মোটর চলিতে থাকার সময় স্টার্টারের পূরা রেজিস্ট্যান্স ফীল্ড-সারকিটের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হইয়া পড়ে। ইহাতে অবশ্য মোটর চলিবার পক্ষে কোন অসুবিধা দেখা দেয় না, কারণ সাণ্ট-ফীল্ডে রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ

১২৮(ক) নং চিত্র

তিন-প্রান্ত ওয়ালা ষ্টার্টার, নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল সরাসরি ১নং বোতামের সহিত যুক্ত আছে

১২৮(খ) নং চিত্র

তিন-প্রান্ত ওয়ালা ষ্টার্টার; নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল একখণ্ড পিতলের আর্কের সাহায্যে ১নং বোতামের সহিত যুক্ত আছে

স্বভাবতঃই খুব বেশী থাকে বলিয়া, আর স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স উহার তুলনায় অনেক কম হওয়ার জন্য, উভয় রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যুক্ত হইলেও ফীল্ড-কারেণ্ট মোটামুটি

একই থাকিয়া যায়; ফলে চুম্বকক্ষেত্রে বলরেখার সংখ্যাও কম-বেশী হয় না, কিংবা মোটরের গতিবেগ আর আর্মেচারে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণেও কোন তারতম্য ঘটে না।

নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করিলেই উহার পোল চুম্বকে পরিণত হয়। তাই স্টার্টারের হাতল যখন ডান দিকের সব-শেষ বোতামের (চিত্রে ৬নং বোতাম) উপরে আসে, তখন উহার গায়ের সঙ্গে লাগানো লোহার টুক্‌রা ঐ চুম্বকের সঙ্গে আটকাইয়া যায়, ফলে হাতল 'অন-পজিশন' বা চালু-অবস্থানে দাঁড়াইয়া থাকে। হাতলকে চালু-অবস্থানে ধরিয়া রাখে বলিয়া এই চুম্বককে ইংরাজিতে "হোল্ড-আপ ম্যাগ্‌নেট" (Hold-up Magnet) বলে। নো-ভোল্ট কয়েল দিয়া যতক্ষণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়, ততক্ষণ হাতল এই সব-শেষ বোতামের উপরেই থাকিয়া যায়, আর সেই সঙ্গে মোটরও সরবরাহ লাইন হইতে উপযুক্ত পরিমাণ কারেণ্ট লইয়া উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে চলিতে থাকে। কিন্তু কয়েল দিয়া কারেণ্ট যাওয়া বন্ধ হইলেই হোল্ড-আপ ম্যাগ্‌নেটের উত্তেজন নিঃশেষ হইয়া যায়। তখন হাতলের সহিত যে স্প্রীংটি লাগানো থাকে, তাহার আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে, সঙ্গে সঙ্গে সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগও ছিন্ন হয়। মোটরকে একবার বন্ধ করিয়া পুনরায় চালু করিবার সময় যাহাতে সর্বদাই স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স আর্মেচারের সহিত সিরিজে যুক্ত থাকিতে পারে, সেই বিষয়ে সুনিশ্চিত হওয়ার জন্যই স্টার্টারে এইরূপ বন্দোবস্ত করা থাকে।

মোটরের আর্মেচারের একটি প্রান্ত এবং সাণ্ট ফীল্ডের একটি প্রান্ত একত্র মিলিত হইয়া সুইচের নেগেটিভ প্রান্তের সহিত সরাসরি যুক্ত হয়। স্টার্টারের সহিত এই দুই প্রান্তের কোন সংযোগ থাকে না। এখন, স্টার্টারের A এবং F-প্রান্ত দিয়া যে কারেণ্ট মোটরের আর্মেচারে ও ফীল্ডে প্রবেশ করে, মোটরের নেগেটিভ প্রান্ত দিয়া তাহা আবার সরবরাহ লাইনে ফিরিয়া যায়। ১২৮নং চিত্র হইতে স্পষ্টই দেখা যাইবে যে, যতই হাতল ডান দিকে অগ্রসর হইতে থাকে, ততই আর্মেচার-সারকিট হইতে স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের ১-২, ১-৩, ১-৪, —ইত্যাদি অংশ বাদ পড়িয়া যায়। যখন হাতল সব-শেষ বোতামের উপর (চিত্রে ৬নং বোতাম) গিয়া দাঁড়ায়, তখন রেজিস্ট্যান্সের সমস্ত অংশই বাদ পড়ে।

এইবার ওভার-লোড বা ওভার-কারেণ্ট কয়েলের কার্য-পদ্ধতি লক্ষ্য কর। পজিটিভ লাইনের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকায় মোটরের পূরা কারেণ্ট এই কয়েল দিয়া প্রবাহিত হয়। ইহার চুম্বকের পোলের সামান্য একটু দূরে একটি লোহার টুক্‌রা এমনভাবে রাখা থাকে যাহাতে তাহা বাঁ দিকের কীলক (pivot) অবলম্বন করিয়া ঘুরিতে পারে। লোহার টুক্‌রার অন্যদিকে একটি কন্‌ট্যাক্ট থাকে, আর সেই কন্‌ট্যাক্ট ১২৮নং চিত্রে তীরের আকারে দেখানো হইয়াছে। তীর-চিহ্নের ঠিক উপরেই একটু দূরে দূরে দুইটি তারের দুই প্রান্ত এমনভাবে রাখা আছে যাহাতে ওভার-লোড কয়েলের চুম্বক উহার সম্মুখস্থ লোহার টুক্‌রাকে আকর্ষণ করিলেই তীরের আকারের অংশটি উপরে

উঠিয়া গিয়া তার দুইটির প্রান্তের মধ্যে সংযোগ সাধন করিতে পারে। এখন, যেহেতু এই দুইটি তার নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েলের দুই প্রান্তের সহিত যুক্ত রহিয়াছে, অতএব ইহাদের মধ্যে সংযোগ হওয়ামাত্র নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে সর্ট-সারকিট ঘটে, এবং ঐ কয়েল দিয়া তখন আর কোন তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে না। ফলে যে চুম্বক হাতলকে অন্-পজিশনে ধরিয়া রাখে, তাহার চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যায়; সঙ্গে সঙ্গে হাতলটি ছাড়া পাইয়া স্প্রীংয়ের আকর্ষণে খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে। এইভাবে মোটরে অতিরিক্ত লোড পড়িলে, অর্থাৎ কারেন্ট খুব বেশী পরিমাণে প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করিলে, ওভার-লোড কয়েল সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ ছিন্ন করিয়া দিয়া আর্মেচারকে পুড়িয়া যাওয়ার হাত হইতে রক্ষা করে। তবে মোটর পূরা লোডসহ চলিতে থাকিলে, কিংবা লোডের পরিমাণ পূরা লোড অপেক্ষা সামান্য কিছু বেশী হইলেই ওভার-লোড কয়েল কাজ করে না। লোডের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইয়া যখন মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া উঠে, কেবলমাত্র তখনই এই কয়েলের চুম্বক উহার সম্মুখস্থ লোহার টুক্‌রাকে আকর্ষণ করে। মোটরে যত বেশী লোড পড়িলে ওভার-লোড রিলীজ কাজ করে, তাহা প্রয়োজনমত নির্দিষ্ট করিয়া দেওয়ার ব্যবস্থাও স্টার্টারে করা থাকে।

তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টার ব্যবহারে অসুবিধা (Disadvantage of Three-Point Starter): তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল সর্বদাই সান্ট ফীল্ডের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে। ইহাতে একটি বিশেষ সুবিধা পাওয়া যায়। মোটর চলিতে থাকার সময় কোন কারণে যদি ফীল্ড-সারকিটের সংযোগ খুলিয়া যায়, তবে ফীল্ড-কয়েল দিয়া কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হয়। তখন পোল-কোরের উত্তেজন আর সেই সঙ্গে চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পাইয়া প্রায় শূন্যতে আসিয়া দাঁড়ায়। ইহাতে আর্মেচারের গতিবেগ এত বেশী বৃদ্ধি পায় যে, তাহা মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া ওঠে। কিন্তু একই সঙ্গে নো-ভোল্ট কয়েল দিয়াও কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হয়। ফলে যে চুম্বকটি স্টার্টারের হাতলকে অন্-পজিশনে ধরিয়া রাখে, তাহার উত্তেজন নিঃশেষ হইয়া যায় বলিয়া স্প্রীংয়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে, সঙ্গে সঙ্গে সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগও ছিন্ন হইয়া যায়। সুতরাং মোটরের গতিবেগ আর বিপজ্জনক অবস্থায় পৌছাইতে পারে না। কিন্তু নো-ভোল্ট কয়েল এইভাবে সংযুক্ত থাকে বলিয়া আবার একটি বড় রকমের অসুবিধাও দেখা দেয়। এই অসুবিধা দেখা দেয় তখনই, যখন সান্ট ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ কম-বেশী করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করার প্রয়োজন হয়। ডি সি. মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি করিতে হইলে চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা হ্রাস করিতে হয়, আর বলরেখার সংখ্যা হ্রাস করিতে হইলে ফীল্ড দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহার পরিমাণ কম করা আবশ্যক। অনেক মোটরের সর্বোচ্চ গতিবেগ আর সর্বনিম্ন গতিবেগের মধ্যে অনুপাত ৫ : ১ পর্যন্ত

হইয়া থাকে। এই সকল মোটরের আর্মেচার যখন বেশী জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে, তখন ফীল্ড দিয়া এত অল্প পরিমাণ কারেণ্ট পাঠাইবার প্রয়োজন হয় যে, সেই কারেণ্ট নো-ভোল্ট কয়েলের চুম্বককে পুরাপুরি উত্তেজিত করিয়া তুলিতে পারে না। ফলে হোল্ড-আপ ম্যাগ্নেটের (hold-up magnet) শক্তি খুব ক্ষীণ হইয়া পড়ে, সঙ্গে সঙ্গে স্প্রীংয়ের আকর্ষণে স্টার্টারের হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে। এইভাবে, মোটরকে যখনই বেশী জোরে ঘুরাইতে চেষ্টা করা হয়, তখনই সরবরাহ লাইনের সহিত উহার সংযোগ ছিন্ন হইয়া যায়। তাই এই ধরনের কাজে মোটর পরিচালনা করিতে তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারের পরিবর্তে সাধারণতঃ চার-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টার ব্যবহার করা হয়।

(খ) চার-প্রান্ত ওয়ালা বা ফোর-পয়েণ্ট স্টার্টার (Four-Point Starter)

১২৯নং চিত্রে একটি চার-প্রান্ত ওয়ালা বা ফোর-পয়েণ্ট স্টার্টারের বিভিন্ন অংশ ও তাহাদের মধ্যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এই স্টার্টারের গঠন-রীতি অনেকাংশেই তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারের অনুরূপ, তফাত কেবল নেগেটিভ লাইনের সংযোগের ক্ষেত্রে। সুইচের নেগেটিভ প্রান্ত হইতে যে তার বাহির হইয়া আসে, তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারের সহিত তাহার কোন সংযোগ থাকে না; কিন্তু চার-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারে যে একটি বেশী লাইন-টার্মিন্যাল রাখা থাকে, তাহার সহিত এই তার যুক্ত হয়। সেইজন্য চার-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারে চারিটি প্রান্ত রাখা থাকে—L_1, L_2, A আর F। ইহারা যথাক্রমে পজিটিভ লাইন, নেগেটিভ লাইন, আর্মেচার আর ফীল্ড সূচনা করে। সুইচ হইতে বাহির হইয়া নেগেটিভ লাইনের তার স্টার্টারের L_2-প্রান্তে আসে এবং সেখান হইতে সরাসরি মোটরের নেগেটিভ টার্মিন্যালে যায়। মোটরের এই টার্মিন্যাল আর্মেচারের এক প্রান্ত আর সাণ্ট ফীল্ডের এক প্রান্ত একত্রে লইয়া গঠিত হয়।

স্টার্টারের ভিতরে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েলের এক প্রান্ত L_2-এর সহিত, আর অন্য প্রান্ত বাঁদিকের প্রথম বোতামের (চিত্রে ১নং বোতাম) সহিত সংযুক্ত থাকে; ফলে সরবরাহ লাইন হইতে হাতলের মধ্য দিয়া যে কারেণ্ট স্টার্টারে প্রবেশ করে, তাহার কিছুটা অংশ এই কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া নেগেটিভ লাইনে ফিরিয়া যায়, আর বাকী অংশ A-প্রান্ত দিয়া আর্মেচারে এবং F-প্রান্ত দিয়া সাণ্ট ফীল্ডে প্রবাহিত হয়। এখন, যদি নো-ভোল্ট কয়েলের রেজিস্ট্যান্স খুব কম হয়, তবে এই কয়েল পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে প্রায় সর্ট-সারকিটের অবস্থা সৃষ্টি করিবে এবং বেশীর ভাগ কারেণ্ট তখন এই কয়েল দিয়াই প্রবাহিত হইবে। ইহাতে একদিকে যেমন নো-ভোল্ট কয়েলটি পুড়িয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দিবে, অন্যদিকে তেমনি আর্মেচারে খুব অল্প পরিমাণ ঘূর্ণক উৎপন্ন হওয়ার জন্য মোটর পূরা লোডসহ চলিতে পারিবে না। এই অসুবিধার কথা বিবেচনা করিয়াই চার-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারে নো-ভোল্ট কয়েলের সহিত সিরিজে একটি উপযুক্ত মানের রেজিস্ট্যান্স যোগ করা থাকে যাহাতে হোল্ড-আপ

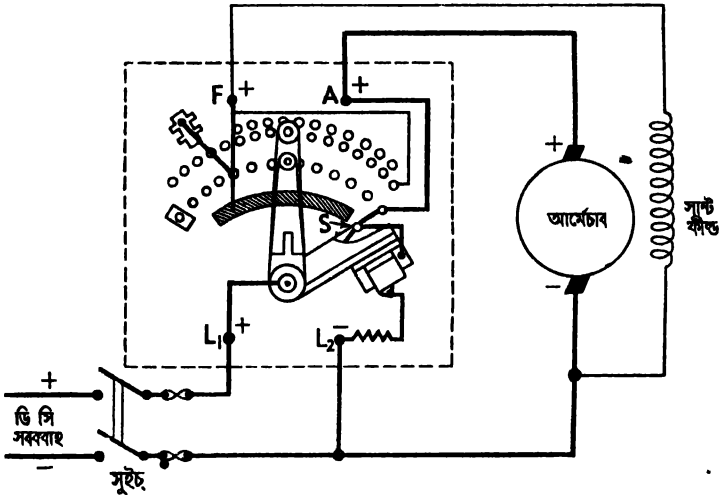
ম্যাগ্নেটকে পুরাপুরি উত্তেজিত করিবার পক্ষে যে পরিমাণ কারেণ্ট প্রয়োজন, তাহা অপেক্ষা বেশী কারেণ্ট যেন কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইতে না পারে। সাণ্ট ফীল্ডের সহিত নো-ভোল্ট কয়েলের কোন প্রকার সংযোগ থাকে না বলিয়া ফীল্ড-কারেণ্ট যতই কম-বেশী করা হউক না কেন, নো-ভোল্ট কয়েল দিয়া সর্বদা একই কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে থাকে।

চার-প্রান্ত ওয়ালা বা ফোর-পয়েণ্ট ষ্টার্টার

১২৯নং চিত্র

মোটর চালু করিবার সময় কিংবা চলিতে থাকাকালীন নানাপ্রকার বিপদ হইতে মোটরকে রক্ষা করিবার জন্য একটি তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারের বিভিন্ন অংশ যেভাবে কাজ করে, একটি চার-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারের বিভিন্ন অংশও ঠিক একইভাবে কাজ করিয়া থাকে। সেইজন্য কাজের দিক দিয়া বিচার করিলে উভয় প্রকার স্টার্টারের মধ্যে কোন উল্লেখযোগ্য পার্থক্য দেখা যায় না।

গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করার কাজে ব্যবহারের জন্য প্রায় সব রকম সাণ্ট মোটরেই ফীল্ড কয়েলের সহিত কম-বেশী করা যায় এইরূপ একটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযুক্ত করা থাকে। অনেক সময় এই রেজিস্ট্যান্সকে আলাদা একটি বাক্সে না রাখিয়া স্টার্টারের বাক্সের মধ্যেই বসানো হয়। তখন একই বাক্সের মধ্যে একদিকে মোটরের স্টার্টার আর অন্যদিকে সাণ্ট ফীল্ডের রেগুলেটার কাজ করিতে থাকে। বাক্সের উপরের দিকে যে দুই সারি বোতাম থাকে, তাহাদের মধ্যে ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সকে সংযুক্ত করা হয় (১৩০নং চিত্র)। এই ধরনের স্টার্টারে দুইটি করিয়া হাতল থাকে—একটি বড় হাতল, অন্যটি ছোট হাতল। ছোট হাতলের সঙ্গে স্প্রীং আর লোহার টুক্রা লাগানো থাকে।

এই হাতল নীচের সারির বোতামগুলির উপর দিয়া আর বড় হাতল উপরের সারির বোতামগুলির উপর দিয়া বাঁ দিক হইতে ডান দিকে অগ্রসর হয়। কেবলমাত্র বড় হাতলেরই মুণ্ডি (knob) থাকে, ছোট হাতলের থাকে না। মোটর চালু করিবার সময় মুণ্ডি ধরিয়া বড় হাতলটিকে সরাইলে উহার সঙ্গে সঙ্গে ছোট হাতলটিও সরিতে থাকে। ছোট হাতল যত বেশী ডান দিকে সরে, স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স ততই বেশী পরিমাণে আর্মেচার-সারকিটের বাহিরে চলিয়া যায়। হাতল দুইটি অন্-পজিশনে আসিলে নো-ভোল্ট কয়েলের চুম্বক (অর্থাৎ hold-up magnet) ছোট হাতলের গায়ে আবদ্ধ থাকা লোহার টুক্‌রাকে আকর্ষণ করে। তখন লোহার টুক্‌রা চুম্বকের গায়ে আটকাইয়া যায়, আর ছোট হাতল অন্-পজিশনে দাঁড়াইয়া থাকে।

একই বাক্সে মোটরের স্টার্টার ও সান্ট ফীল্ডের রেগুলেটার

১৩০নং চিত্র

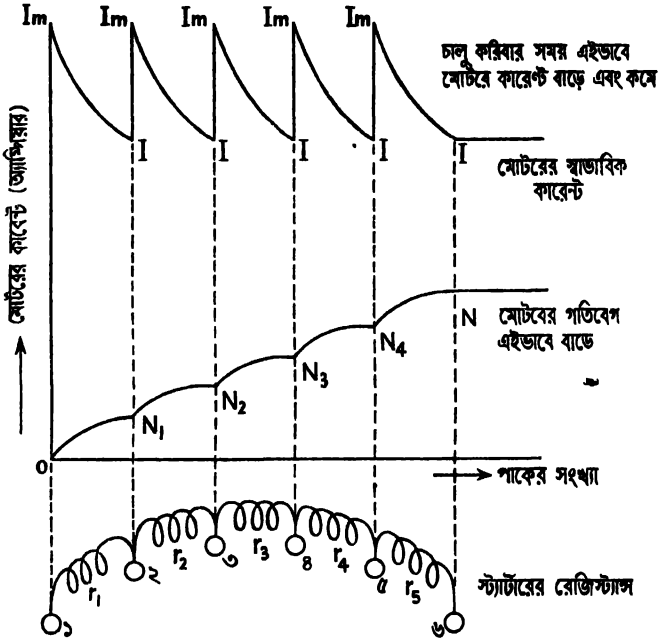
মোটর চালু করিতে যতক্ষণ সময় লাগে, ততক্ষণ ফীল্ড-সারকিটের রেগুলেটারকে S-দ্বারা চিহ্নিত (১৩০নং চিত্র) একটি কন্‌ট্যাক্ট সর্ট-সারকিট করিয়া রাখে। এই কন্‌ট্যাক্ট দেখিতে অনেকটা হাতের আঙ্গুলের মত, এবং ইহা স্টার্টারের নীচের দিকে বৃত্তখণ্ডের আকারে অবস্থিত ধাতুর পাতের উপর দিয়া বাঁ দিক হইতে ডান দিকে সরে। ছোট হাতল যখন অন্-পজিশনে গিয়া পৌছায়, তখন উহা S-কে ডান দিকে ঠেলিয়া দিয়া ধাতুর পাতের উপর হইতে সরাইয়া দেয় ; সঙ্গে সঙ্গে ফীল্ডের রেগুলেটার হইতে সর্ট-সারকিট অপসারিত হয়। এই সময় বড় হাতলটিকে পুনরায় বাঁ দিকে সরাইতে আরম্ভ করিলে রেগুলেটারের রেজিস্ট্যান্স অধিকতর পরিমাণে ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হইতে থাকে, আর সেই সঙ্গে ফীল্ডের কারেন্ট ক্রমশঃ কমিতে থাকায় মোটর বেশী জোরে ঘুরিতে সুরু করে। বড় হাতলের সঙ্গে কোন স্প্রীং লাগানো

থাকে না বলিয়া উপরের সারির বোতামগুলির উপরে যে-কোন জায়গায় ঐ হাতলকে রাখা চলে। যেখানে রাখিলে মোটর উপযুক্ত বেগে চলিতে আরম্ভ করে, হাতলটিকে বোতামের উপর সেখানেই রাখা হয়। সরবরাহ যখন বন্ধ হইয়া যায়, কিংবা অন্য কোন কারণে যখন নো-ভোল্ট কয়েলের চুম্বকে আর উত্তেজন থাকে না বা খুব অল্প পরিমাণে থাকে, তখন স্প্রীংয়ের আকর্ষণে ছোট হাতল বড় হাতলটিকে সঙ্গে লইয়া খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে।

কোন চালু মোটরকে বন্ধ করিতে হইলে সরবরাহ লাইনের সুইচটি খুলিয়া দিয়াই তাহা করা নিয়ম, স্টার্টারের হাতলকে ঠেলিয়া খোলা-অবস্থানে আনা কখনই উচিত নহে। সান্ট মোটর চলিতে থাকার সময় উহার আর্মেচারে যে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহার পরিমাণ প্রায় লাইন-ভোল্টেজের সমান থাকে। সেইজন্য সুইচের কন্ট্যাক্টের মধ্যে তড়িৎ বিভবের পার্থক্য খুব কম হয়। সুতরাং লাইনের সুইচ খুলিয়া দিয়া মোটর বন্ধ করিলে সুইচেব কন্ট্যাক্টের মধ্যে "বৈদ্যুতিক আর্ক" (electric arc) উৎপন্ন হওয়ার সম্ভাবনা যেমন থাকে না, তেমনি ফীল্ড-কয়েলে যে তড়িৎ-চুম্বকীয় শক্তি (electro-magnetic energy) সঞ্চিত থাকে, তাহা সুইচে না আসিয়া আর্মেচারের মধ্যেই ধীরে ধীরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। অপরদিকে, স্টার্টারের হাতলকে যদি জোর করিয়া খোলা-অবস্থানের দিকে সরাইয়া আনা হয়, তবে বাঁ দিকের সব-শেষ বোতামের (১২৮নং চিত্রের ১নং বোতাম) সহিত হাতলের সংযোগ ছিন্ন হওয়ার সময় ফীল্ড-সারকিট খুলিয়া যায়। ফীল্ড-কয়েলে খুব বেশী সংখ্যক পাক থাকে বলিয়া কয়েলের ইন্ডাকট্যান্স (inductance) বড় বেশী হয়; ফলে হাতল আর সব-শেষ বোতামের মধ্যে সংযোগ ছিন্ন হওয়ার সময় বৈদ্যুতিক আর্ক উৎপন্ন হইয়া বোতামটিকে পোড়াইয়া ফেলিতে পর্যন্ত পারে। সেইজন্যই চালু মোটর বন্ধ করিতে হইলে সুইচ খুলিয়া তাহা করা স্টার্টারের পক্ষে নিরাপদ। সুইচ খুলিয়া দিলে তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়, তখন স্প্রীংয়ের আকর্ষণে স্টার্টারের হাতল আপনা হইতেই খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে।

স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের হিসাব

মোটর চালু করিবার সময় এক এক বারে কতটা করিয়া স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স আর্মেচার-সারকিট হইতে বাদ দিতে হইবে, আর এক বোতাম হইতে পরের বোতামে কতক্ষণ পরে হাতল সরাইতে হইবে, তাহা নির্ভর করে চালু করার সময়ের সর্বোচ্চ আর সর্ব-নিম্ন কারেন্টের উপর। সাধারণতঃ এই সব-নিম্ন কারেন্ট মোটরের পূরা লোড-কারেন্টের সমান হয়, আর সর্বোচ্চ কারেন্ট তাহার দেড়গুণ হইতে দুইগুণের মধ্যে থাকে। মোটর চলিতে আরম্ভ করা মাত্র, কিংবা এক বোতাম হইতে পরের বোতামে হাতল সরাইবামাত্র, কারেন্ট মুহূর্তের মধ্যে সর্বোচ্চ সীমায় গিয়া ওঠে; সেই কারেন্ট সর্ব-নিম্ন সীমায় আস্তে আস্তে নামিয়া আসিতে যত সময় লাগে, ততটুকু সময় স্টার্টারের

হাতলকে এক-একটি বোতামের উপর রাখা দরকার। ১৩১(ক)নং চিত্রে এই অবস্থা রেখা-চিত্রের সাহায্যে বুঝানো হইয়াছে। মোটরের সুইচ বন্ধ হওয়ার পরে যে মুহূর্তে হাতল

মোটর চালু করার সময় কিভাবে কারেণ্ট আর গতিবেগ বাড়ে, তাহার নক্সা
১৩১(ক)নং চিত্র

খোলা-অবস্থান হইতে ১নং বোতামের উপর যায়, সেই মুহূর্তে মোটরের অ্যাম্মিটারের কাঁটা যতদূর গিয়া দাঁড়ায়, তাহাই মোটর চালু করার সর্বোচ্চ কারেণ্ট। মনে কর, এই কারেণ্টের পরিমাণ I_m অ্যাম্পিয়ার। চিত্রে 0 হইতে I_m পর্যন্ত খাড়াভাবে অঙ্কিত রেখা সেই কারেণ্ট নির্দেশ করিতেছে। এই সময় আর্মেচারের সহিত স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের সমস্তটাই সিরিজে লাগানো থাকে। তাই

$$I_m = \frac{\text{সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ}}{\text{আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স} + \text{স্টার্টারের পূরা রেজিস্ট্যান্স}}$$

$$= \frac{V}{R_a + (r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5)} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হয়। মোটরে কারেণ্ট প্রবেশ করা মাত্র আর্মেচার ঘুরিতে সুরু করে, আর সেই সঙ্গে আর্মেচারের পরিবাহীতে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ (E_b) আবিষ্ট হয়। আর্মেচারের গতিবেগ যত বাড়ে, E_b-এর পরিমাণ ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে; কাজেই মোটরের

কারেণ্ট আবার কমিতে আরম্ভ করে, আর কমিতে কমিতে তাহা পূরা লোড-কারেণ্টের সমান হইয়া দাঁড়ায়। চিত্রে ইহাকে I অ্যাম্পিয়ার বলা হইয়াছে। এই সময় আর্মেচার N_1 সংখ্যক পাকে ঘুরিতে থাকে, আর বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের পরিমাণ E_{b1} ভোল্ট হয়। অতএব তখন কারেণ্ট

$$I=\frac{V-E_{b1}}{R_a+(r_1+r_2+r_3+r_4+r_5)} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

থাকে। এই অবস্থায় আসিতে যত সময় লাগে, তত সময় হাতলকে ১নং বোতামের উপরেই রাখিতে হয়। কারেণ্ট I_m হইতে I-তে কিভাবে নামিয়া আসে, তাহা ১৩১(ক)নং চিত্রে উপরের দিকের রেখার সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।

ইহার পর হাতলকে ২নং বোতামের উপর সরাইয়া দেওয়া হয়। সঙ্গে সঙ্গে ১নং ও ২নং বোতামের মধ্যে যতটুকু রেজিস্ট্যান্স থাকে (অর্থাৎ r_1 ওম), তাহা আর্মেচার-সারকিটের বাহিরে চলিয়া যায়। কাজেই কারেণ্ট আবার বৃদ্ধি পাইয়া I_m-এ ওঠে। তখন

$$I_m=\frac{V-E_{b1}}{R_a+(r_2+r_3+r_4+r_5)} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হয়। কারেণ্ট বাড়িলেই আর্মেচারের ঘূর্ণক বাড়ে; ফলে মোটর পূর্বাপেক্ষা বেশী জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে, আর সেই সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের পরিমাণও বৃদ্ধি পায়। তখন কারেণ্ট আবার কমিয়া I-তে আসিয়া দাঁড়ায়। যদি এই সময় আর্মেচার N_2 সংখ্যক পাকে ঘোরে, আর বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ E_{b2} ভোল্ট হয়, তবে

$$I=\frac{V-E_{b2}}{R_a+(r_2+r_3+r_4+r_5)} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে।

কারেণ্ট I-তে নামিয়া আসা পর্যন্ত স্টার্টারের হাতল ২নং বোতামের উপরেই থাকে, পরে উহাকে ৩নং বোতামের উপর সরাইয়া দিতে হয়। ইহাতে ২নং আর ৩নং বোতামের মধ্যে যতটুকু রেজিস্ট্যান্স থাকে (অর্থাৎ r_2 ওম), তাহাও আর্মেচার-সারকিটের বাহিরে চলিয়া যায়, অর্থাৎ আর্মেচার-সারকিটের মোট রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ তখন $R_a+(r_3+r_4+r_5)$ ওম হয়।

এইভাবে একে একে সব কয়টি বোতামের উপর দিয়া চলিতে চলিতে অবশেষে স্টার্টারের হাতল ৬নং বোতামের উপর গিয়া পৌছায়। তখন শেষবারের মত

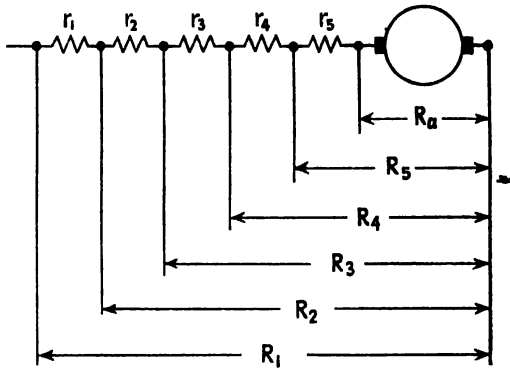
$$I_m=\frac{V-E_{b5}}{R_a} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হয়, আর সেই সঙ্গে মোটর পূর্ণ গতিবেগে চলিতে সুরু করে। ইহাতে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইয়া E_b হয় এবং তাহা লাইন-ভোল্টেজের শতকরা ৯০ ভাগ

আন্দাজ হইয়া দাঁড়ায়; ফলে বাহিরের রেজিস্ট্যান্সের সাহায্য ছাড়াই আর্মেচার দিয়া I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, কারণ

$$I=\frac{V-E_b}{R_a} \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

এই সময় মোটর চালু করার কাজ শেষ হয়।

স্টার্টারের বিভিন্ন অংশের রেজিস্ট্যান্স কত হইবে, তাহা অঙ্ক কষিয়া বাহির করিতে হইলে ১৩১(খ)নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইভাবে হিসাব সুরু কর; অর্থাৎ মনে কর

১৩১(খ) নং চিত্র

$$R_1=r_1+r_2+r_3+r_4+r_5+R_a,$$
$$R_2=r_2+r_3+r_4+r_5+R_a,$$
$$R_3=r_3+r_4+r_5+R_a, \text{ ইত্যাদি।}$$

অতএব $r_1=R_1-R_2$; $r_2=R_2-R_3$, $r_3=R_3-R_4$, ইত্যাদি।

মোটর চালু করার ব্যাপারে উপরে এতক্ষণ যাহা বলা হইয়াছে, তাহা হইতে দেখা যাইবে যে, স্টার্টারের হাতল যখন ১নং বোতামের উপর থাকে, তখন

$$I_m=\frac{V}{R_1}, \text{ আর } I=\frac{V-E_{b1}}{R_1}\text{।}$$

সেইরূপ, হাতল যখন ২নং বোতামের উপর থাকে, তখন

$$I_m=\frac{V-E_{b1}}{R_2}, \text{ আর } I=\frac{V-E_{b2}}{R_2}\text{।}$$

$$\text{সুতরাং } \frac{I}{I_m}=\frac{V-E_{b1}}{R_1}\times\frac{R_2}{V-E_{b1}}=\frac{R_2}{R_1}\text{।}$$

এখন, যদি $\frac{I}{I_m}=K$ ধরা যায়, আর স্টার্টারে $(n+১)$ সংখ্যক বোতাম থাকে

(অর্থাৎ স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স n খণ্ডে ভাগ করা থাকে), তবে উপরের সমীকরণ অনুসারে

$$\frac{R_2}{R_1}=\frac{R_3}{R_2}=\frac{R_4}{R_3}=\cdots\cdots=\frac{R_a}{R_n}=K$$

হইবে। অতএব

$$\frac{R_2}{R_1}\times\frac{R_3}{R_2}\times\frac{R_4}{R_3}\times\cdots\cdots\times\frac{R_a}{R_n}=\frac{R_a}{R_1}=K^n$$

হইবে। এই সকল হিসাবের সাহায্যেই স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সে কতগুলি খণ্ড (Sections) থাকিবে, আর তাহা কত কত ওমের হইবে, সেই সমস্ত অঙ্ক কষিয়া বাহির করা যায়। নিম্নে যে দুইটি উদাহরণ দেওয়া হইল, তাহা ভালভাবে লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।

উদাহরণ ৬ ২৭। একটি ৫০০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী সান্ট মোটর পূরা লোডসহ চলিবার সময় ৭০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। চালু করিবার সময় এই কারেন্ট ১০০ অ্যাম্পিয়ার পর্যন্ত বৃদ্ধি পাইতে পারে। মোটরের আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স ০·১২৫ ওম হইলে স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সে কত খণ্ড থাকিবে, আর খণ্ডগুলি কত কত ওমের হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V=৫০০$ ভোল্ট,

$I=৭০$ অ্যাম্পিয়ার,

$I_m=১০০$ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $R_a=০·১২৫$ ওম।

$$K=\frac{I}{I_m}=\frac{৭০}{১০০}=০·৭।$$

$$I_m=\frac{V}{R_1} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\therefore\quad R_1=\frac{V}{I_m}=\frac{৫০০}{১০০}=৫ \text{ ওম।}$$

$$\frac{R_a}{R_1}=K^n,$$

অথবা $\frac{০·১২৫}{৫}=০·৭^n$,

অথবা $০·০২৫=০·৭^n$,

অথবা $\log ০·০২৫=n\times\log ০·৭$,

অথবা $\bar{২}·৩৯৭৯=n\times\bar{১}·৮৪৫১$,

অথবা $-১·৬০২১=n\times(-০·১৫৪৯)$,

$$\therefore\ n=\frac{-১·৬০২১}{-০·১৫৪৯}=১০·৩৪।$$

১০·৩৪-এর নিকটতম পূর্ণসংখ্যা হইতেছে ১০। কিন্তু $n=১০$ ধরিলে চালু করিবার সময় মোটরের সর্বোচ্চ কারেণ্ট ১০০ অ্যাম্পিয়াব অপেক্ষা বেশী হইয়া দাঁড়াইবে। সুতরাং এক্ষেত্রে $n=১১$ ধরিতে হইবে, আর সেই অনুসারে নূতন করিয়া I_m, R_1 এবং K—এই তিনটি সংখ্যার মান নির্ণয় কবিতে হইবে।

$$R_1=\frac{V}{I_m}=\frac{৫০০}{I_m},$$

$$K=\frac{I}{I_m}=\frac{৭০}{I_m},$$

এবং $$\frac{R_a}{R_1}=K^n=K^{১১}।$$

$$\therefore \frac{০·১২৫}{\frac{৫০০}{I_m}}=\left(\frac{৭০}{I_m}\right)^{১১},$$

অথবা $$\frac{০·১২৫\times I_m}{৫০০}=\left(\frac{৭০}{I_m}\right)^{১১},$$

অথবা $$০·১২৫\times I_m^{১২}=৫০০\times ৭০^{১১},$$

$$\therefore I_m=\sqrt[১২]{\frac{৫০০\times ৭০^{১১}}{০·১২৫}}$$

$$=৯৮·০৭ \text{ অ্যাম্পিযাব।}$$

$$R_1=\frac{৫০০}{I_m}=\frac{৫০০}{৯৮·০৭}=৫·১ \text{ ওম},$$

এবং $$K=\frac{৭০}{I_m}=\frac{৭০}{৯৮·০৭}=০·৭১৪।$$

অতএব
$$\begin{aligned}
R_1 & & &=৫·১ \text{ ওম},\\
R_2 &=KR_1 &=০·৭১৪\times ৫·১ &=৩·৬৪ \text{ ওম},\\
R_3 &=KR_2 &=০·৭১৪\times ৩·৬৪ &=২·৫৯৮ \text{ ওম},\\
R_4 &=KR_3 &=০·৭১৪\times ২·৫৯৮ &=১·৮৫৫ \text{ ওম},\\
R_5 &=KR_4 &=০·৭১৪\times ১·৮৫৫ &=১·৩২৪ \text{ ওম},\\
R_6 &=KR_5 &=০·৭১৪\times ১·৩২৪ &=০·৯৪৫ \text{ ওম},\\
R_7 &=KR_6 &=০·৭১৪\times ০·৯৪৫ &=০·৬৭৫ \text{ ওম},\\
R_8 &=KR_7 &=০·৭১৪\times ০·৬৭৫ &=০·৪৮২ \text{ ওম},\\
R_9 &=KR_8 &=০·৭১৪\times ০·৪৮২ &=০·৩৪৪ \text{ ওম},\\
R_{10} &=KR_9 &=০·৭১৪\times ০·৩৪৪ &=০·২৪৫ \text{ ওম},\\
R_{11} &=KR_{10} &=০·৭১৪\times ০·২৪৫ &=০·১৭৫ \text{ ওম},
\end{aligned}$$
এবং $$R_{12}=KR_{11}=০·৭১৪\times ০·১৭৫=০·১২৫ \text{ ওম।}$$

সুতরাং স্টার্টারের বিভিন্ন খণ্ডের রেজিস্ট্যান্স নিম্নলিখিত রূপ হইবে :-

$$r_1=R_1-R_2=৫·১-৩·৬৪\doteq ১·৪৬ \text{ ওম},$$

$$r_2=R_2-R_3=৩·৬৪-২·৫৯৮=১·০৪২ \text{ ওম},$$

$r_3 = R_3 - R_4$ = ২·৫৯৮ − ১·৮৫৫ = ০·৭৪৩ ওম,
$r_4 = R_4 - R_5$ = ১·৮৫৫ − ১·৩২৪ = ০·৫৩১ ওম,
$r_5 = R_5 - R_6$ = ১·৩২৪ − ০ ৯৪৫ = ০·৩৭৯ ওম,
$r_6 = R_6 - R_7$ = ০·৯৪৫ − ০·৬৭৫ = ০·২৭ ওম,
$r_7 = R_7 - R_8$ = ০·৬৭৫ − ০·৪৮২ = ০·১৯৩ ওম,
$r_8 = R_8 - R_9$ = ০·৪৮২ − ০·৩৪৪ = ০·১৩৮ ওম,
$r_9 = R_9 - R_{10}$ = ০ ৩৪৪ − ০·২৪৫ = ০·০৯৯ ওম,
$r_{10} = R_{10} - R_{11}$ = ০·২৪৫ − ০·১৭৫ = ০·০৭ ওম,
এবং $r_{11} = R_{11} - R_{12}$ = ০·১৭৫ − ০·১২৫ = ০·০৫ ওম।

স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সে মোট খণ্ড = ১১।

উদাহরণ ৬-২৮। একটি ২২০-ভোল্ট, ৭·৫-অশ্বশক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন সান্ট মোটর চালু করিতে যে স্টার্টার ব্যবহার করা হয়, তাহার রেজিস্ট্যান্সে ছয়টি খণ্ড থাকিলে খণ্ডগুলির রোধ কত কত ওম হইবে? পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটরের কর্ম-ক্ষমতা শতকরা ৯৮·৪ ভাগ থাকে, আর চালু করিবার সময় কারেন্টের সর্বোচ্চ পরিমাণ ৪০ অ্যাম্পিয়ার হয়।

এখানে V = ২২০ ভোল্ট,
মোটরের আউটপুট = ৭·৫ অশ্ব-শক্তি,
মোটরের কর্ম-ক্ষমতা = ৯৮·৪%,
n = ৬,
আর I_m = ৪০ অ্যাম্পিয়ার।

মোটরের আউটপুট = ৭·৫ অশ্ব-শক্তি
= ৭·৫ × ৭৪৬ ওয়াট,

∴ মোটরের ইনপুট = $\frac{৭·৫ \times ৭৪৬ \times ১০০}{৯৮·৪}$
= ৫৬৮৬·৫ ওয়াট।

অতএব পূরা লোডে মোটরের কারেন্ট

$I = \frac{\text{মোটরের ইনপুট}}{V} = \frac{৫৬৮৬·৫}{২২০}$
= ২৫·৮৪৮ অ্যাম্পিয়ার।

$K = \frac{I}{I_m} = \frac{২৫·৮৪৮}{৪০}$ = ০·৬৪৬২।

$R_1 = \frac{V}{I_m} = \frac{২২০}{৪০}$ = ৫·৫ ওম,

$R_2 = KR_1$ = ০·৬৪৬২ × ৫·৫ = ৩·৫৫৪ ওম,
$R_3 = KR_2$ = ০·৬৪৬২ × ৩·৫৫৪ = ২·২৯৬ ওম,
$R_4 = KR_3$ = ০·৬৪৬২ × ২·২৯৬ = ১·৪৮৪ ওম,
$R_5 = KR_4$ = ০·৬৪৬২ × ১·৪৮৪ = ০·৯৫৮৫ ওম,
$R_6 = KR_5$ = ০·৬৪৬২ × ০·৯৫৮৫ = ০·৬১৯৩ ওম,
এবং $R_7 = KR_6$ = ০·৬৪৬২ × ০ ৬১৯৩ = ০·৪ ওম।

সুতরাং স্টার্টারের বিভিন্ন খণ্ডের রেজিস্ট্যান্স নিম্নলিখিতরূপ হইবে :—

$r_1 = R_1 - R_2$ = ৫·৫ − ৩·৫৫৪ = ১·৯৪৬ ওম,

$r_2 = R_2 - R_3$ = ৩·৫৫৪ − ২·২৯৬ = ১·২৫৮ ওম,

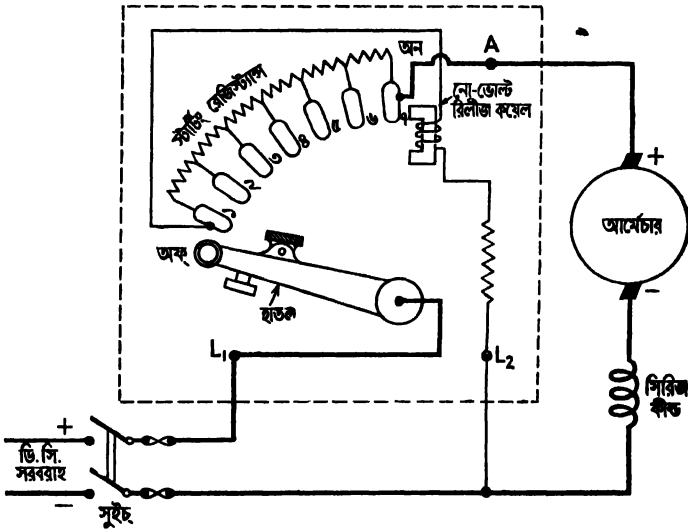
$r_3 = R_3 - R_4$ = ২·২৯৬ − ১·৪৮৪ = ০·৮১২ ওম,

$r_4 = R_4 - R_5$ = ১·৪৮৪ − ০·৯৫৮৫ = ০·৫২৫ ওম,

$r_5 = R_5 - R_6$ = ০·৯৫৮৫ − ০·৬১৯৩ = ০·৩৩৯ ওম,

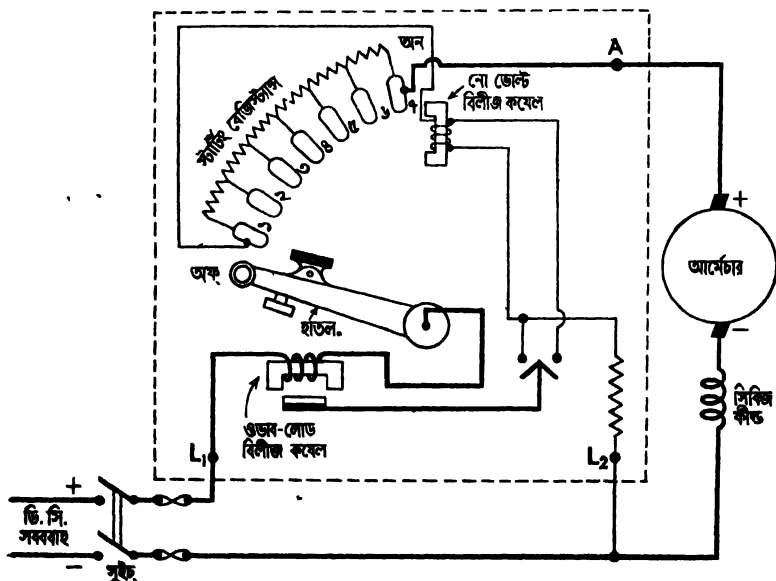
এবং $r_6 = R_6 - R_7$ = ০·৬১৯৩ − ০·৪ = ০·২১৯ ওম।

(৩) সিরিজ মোটরের স্টার্টার (Series Motor Starters)

ছোট আর মাঝারি আকারের সিরিজ মোটর চালু করিতে সাণ্ট মোটরের ন্যায় "ফেস্-প্লেট" (Face-Plate) ধরনের স্টার্টারই ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এই স্টার্টার প্রধানতঃ দুই রকমের হয়। মোটর চলিতে থাকাকালীন যে তড়িৎ-চুম্বক স্টার্টারের হাতলকে "অন্-পজিশনে" (ON-position) ধরিয়া রাখে, সেই চুম্বক

নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল সহ সিরিজ মোটরের ষ্টার্টার
১৩২(ক)নং চিত্র

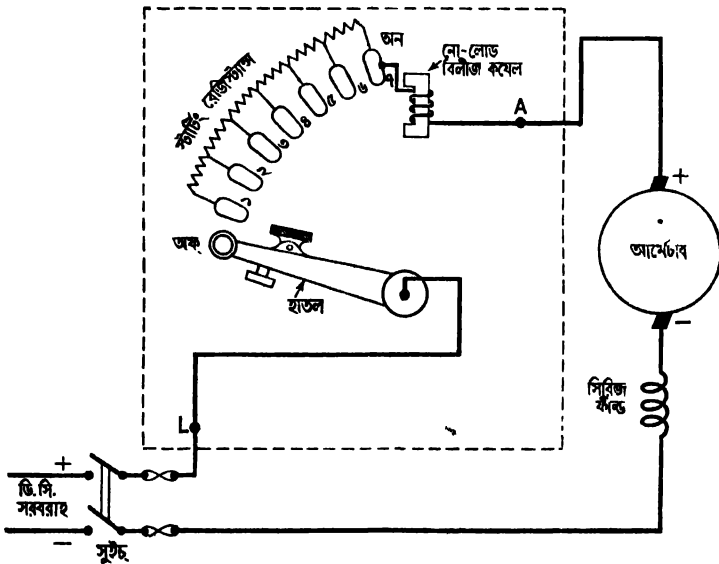
এক ধরনের স্টার্টারে "নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল" (No-Volt Release Coil)-এর সাহায্যে, আর অন্য এক ধরনের স্টার্টারে "নো-লোড রিলীজ কয়েল" (No-Load Release Coil)-এর সাহায্যে উত্তেজন পায়। নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্ত সরাসরি পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে সংযুক্ত থাকে বলিয়া কয়েল দিয়া যাহাতে প্রয়োজন অপেক্ষা বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হইতে না পারে, সেইজন্য উপযুক্ত মানের একটি রেজিস্ট্যান্স উহার সহিত সিরিজে যোগ করা থাকে। এই সংযোগ ১৩২(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। যেহেতু সিরিজ মোটরে সাণ্ট ফীল্ড থাকে না,

অতএব উহার স্টার্টারেও ফীল্ড-কয়েল সংযুক্ত করার জন্য কোন প্রান্ত (terminal) রাখা হয় না। স্টার্টারে সাধারণতঃ তিনটি প্রান্ত রাখা থাকে—L_1, L_2 আর A। ইহারা যথাক্রমে পজিটিভ লাইন, নেগেটিভ লাইন এবং আর্মেচার সূচনা করে। সিরিজ ফীল্ডের এক প্রান্ত মোটরের আর্মেচারের সহিত আর অন্য প্রান্ত সরাসরি নেগেটিভ লাইনের সহিত সংযুক্ত থাকে। আর্মেচারের দ্বিতীয় প্রান্ত হইতে তার আনিয়া স্টার্টারের A-টার্মিন্যালের সহিত যোগ করা হয়, আর নো-ভোল্ট কয়েলের সহিত সংযোগ রাখিবার জন্য সুইচের পজিটিভ আর নেগেটিভ টার্মিন্যাল হইতে দুইগাছা তার আসিয়া স্টার্টারের L_1 আর L_2 প্রান্তের সহিত যুক্ত হয়। সরবরাহ লাইন ভোল্টেজ-শূন্য হইলে, কিংবা লাইনের ভোল্টেজ খুব বেশী পরিমাণে কমিয়া গেলে, নো-ভোল্ট কয়েল দিয়া কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হইয়া যায় (অথবা খুব সামান্য কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে), তখন ঐ কয়েলের চুম্বক অতিশয় দুর্বল হইয়া পড়ে, সঙ্গে সঙ্গে স্প্রীংয়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে।

মোটরে যখন অতিরিক্ত লোড পড়ে, তখন কারেন্ট খুব বেশী বৃদ্ধি পাইয়া যাহাতে আর্মেচারকে পোড়াইয়া ফেলিতে না পারে, সেইজন্য এই ধরনের স্টার্টারেও "ওভার-লোড বা ওভার-কারেন্ট রিলীজ কয়েল" (Over-Load or Over-Current Release Coil) ব্যবহার করা চলে। ওভার-লোড কয়েল পজিটিভ লাইন আর হাতলের মধ্যে সিরিজে সংযুক্ত থাকে। এই সংযোগ ১৩২(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

নো-ভোল্ট কয়েল আর ওভার-লোড কয়েলের সংযোগসহ সিরিজ মোটরের স্টার্টার

১৩২(খ)নং চিত্র

তড়িৎ-প্রবাহ খুব বেশী বৃদ্ধি পাইলে ওভার-লোড কয়েলের চুম্বক এক টুক্‌রা লোহাকে আকর্ষণ করিয়া উপরে তোলে, আর সেই সঙ্গে কীলকের উপর অবস্থিত একটি কন্‌ট্যাক্ট ঘুরিয়া গিয়া নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে সর্ট-সারকিট করিয়া দেয়। তখন যে তড়িৎ-চুম্বকের সাহায্যে হাতল চালু-অবস্থানে রাখা থাকে (অর্থাৎ hold-up magnet), তাহার আকর্ষণ-শক্তি হ্রাস পায়, আর স্প্রীংয়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসা মাত্র সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ ছিন্ন হইয়া যায়।

নো-ভোল্ট কয়েলের পরিবর্তে "নো-লোড রিলীজ কয়েল" (No-Load Releasc Coil) ব্যবহার করিলে মোটর আর স্টার্টারের বিভিন্ন অংশের মধ্যে যেভাবে সংযোগ করিতে হয়, তাহা ১৩৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই কয়েল আর্মেচার আর সিরিজ ফীল্ডের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে বলিয়া মোটরের পূরা কারেণ্ট ইহার মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। সেইজন্য নো-লোড কয়েলের তার অনেক বেশী মোটা হয়, আর ইহাতে পাকের সংখ্যা অপেক্ষাকৃত কম থাকে। সিরিজ মোটরের প্রধান দোষ এই যে, কোন কারণে আর্মেচারের শাফ্‌টে লোড দেওয়া না থাকিলে, কিংবা লোডের পরিমাণ খুব বেশী কমিয়া গেলে, মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক অবস্থায় পৌছায়, আর তাহাতে মোটরটি সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা

নো-লোড রিলীজ কয়েলসহ সিরিজ মোটরের স্টার্টার

১৩৩নং চিত্র

দেয়। স্টার্টারে নো-লোড কয়েল ব্যবহার করিলে মোটর এই বিপদ হইতে রক্ষা পায়। লোডশূন্য অবস্থায় বা অল্প পরিমাণ লোডে সরবরাহ লাইন হইতে মোটরে খুব কম

কারেণ্ট যায়। সেই কারেণ্ট নো-লোড রিলীজ কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে বলিয়া ঐ কয়েলের চুম্বক (অর্থাৎ hold-up magnet) অতিশয় দুর্বল হইয়া পড়ে, সঙ্গে সঙ্গে স্প্রীংয়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে; তখন মোটরের আর্মেচার আস্তে আস্তে থামিয়া যায়। সুতরাং যে-সকল কাজে আর্মেচারের শাফ্‌ট হইতে লোডের সংযোগ খুলিয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে, কিংবা যেখানে লোড কখনও কখনও খুব বেশী পরিমাণে কমিয়া যাইতে পারে, সেখানে বা সেই সকল কাজের পক্ষে এই ধরনের স্টার্টারই সর্বাপেক্ষা অধিক উপযোগী। পূর্বে যেরূপ বলা হইয়াছে, সেই একই পদ্ধতিতে এই স্টার্টারেও ওভার-লোড রিলীজ কয়েল ব্যবহার করা চলে। তখন চালু থাকাকালীন মোটর খুব কম লোড আর খুব বেশী লোড উভয়ের হাত হইতেই রক্ষা পায়।

(৪) ড্রাম কণ্ট্রোলার (Drum Controllers)

কোন ব্যক্তি প্রত্যক্ষভাবে অনবরত গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিয়া যখন ডি. সি. মোটর পরিচালনা করিতে থাকে, তখন স্টার্টারের পরিবর্তে মোটরের সহিত "কণ্ট্রোলার" ব্যবহার করা হয়। কণ্ট্রোলারের সাহায্যে সাণ্ট, সিরিজ আর কম্পাউণ্ড—এই তিন রকম মোটরকেই চালু করা যায়, বা তাহাদের গতিবেগ কম-বেশী করা যায়। বড় বড় সিরিজ মোটর পরিচালনা করিতে প্রায় সর্বত্রই স্টার্টারের পরিবর্তে কণ্ট্রোলার ব্যবহার করা হইয়া থাকে; বিশেষতঃ ট্রামগাড়ী, ক্রেন, এলিভেটর প্রভৃতি পরিচালনার কাজে কণ্ট্রোলার একান্তভাবেই আবশ্যক। একটি সাধারণ স্টার্টার আর কণ্ট্রোলারের মধ্যে অনেক তফাত আছে। স্টার্টার দিয়া কারেণ্ট কেবলমাত্র মোটর চালু করিবার সময়েই প্রবাহিত হয়, মোটর পুরাদমে চলিতে সুরু করিলে উহার রেজিস্ট্যান্সে আর কোন কারেণ্ট যায় না। কারণ মোটর চলিতে থাকার সময় যদি অনবরত কারেণ্ট স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে, তবে ঐ রেজিস্ট্যান্স খুব বেশী গরম হইয়া ওঠে এবং অবশেষে তাহা পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে; কিন্তু কণ্ট্রোলারে সেইরূপ হয় না। মোটর যতক্ষণ চলে, কণ্ট্রোলারের রেজিস্ট্যান্স দিয়াও ততক্ষণ কারেণ্ট যায়। তাই কণ্ট্রোলার এমনভাবে তৈরী যাহাতে মোটরের পূরা কারেণ্ট উহার রেজিস্ট্যান্স দিয়া অনবরত প্রবাহিত হইতে পারে, আর তাহাতে কণ্ট্রোলারের রেজিস্ট্যান্সের যেন কোন ক্ষতি না হয়। স্টার্টারের হাতলকে মাঝের কোন বোতামের উপর জোর করিয়া চাপিয়া না রাখিলে স্প্রীংয়ের আকর্ষণে তাহা খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে। কিন্তু কণ্ট্রোলারের হাতলে কোন স্প্রীং থাকে না বলিয়া রেজিস্ট্যান্সের উপর যে-কোন জায়গাতেই উহাকে রাখা চলে। ট্রামগাড়ীতে যে যন্ত্রের সাহায্যে মোটরকে চালু করা হয় বা মোটরের গতিবেগ কম-বেশী করা হয়, সেই যন্ত্রই ড্রাম-কণ্ট্রোলার। ড্রাম-কণ্ট্রোলারে একটি মোটা চোঙ (barrel or cylinder) এর উপরে কতকগুলি পিতলের কন্‌ট্যাক্ট (contacts) থাকে। ট্রামের চালক হাতলের সাহায্যে যখন সেই চোঙটি ঘুরায়, তখন কন্‌ট্যাক্টগুলির গায়ে একটি করিয়া ধাতুর সংযোগ স্প্রীংয়ের সাহায্যে চাপিয়া বসে। ইংরাজিতে ইহাদের 'ফিঙ্গার' (finger) বলে। ফিঙ্গারগুলি সরানো যায় না (অর্থাৎ ইহারা

নিজেদের জায়গায় আবদ্ধ থাকে), আর ইহাদের প্রত্যেকটির তারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্সের সহিত যোগ থাকে। সুতরাং হাতল ঘুরাইলে রেজিস্ট্যান্স কম-বেশী হয়, আর সেই সঙ্গে মোটরের গতিবেগও বাড়ে-কমে। অধিকাংশ কণ্ট্রোলারেই এমন ব্যবস্থা করা থাকে যাহাতে প্রয়োজন হইলে মোটরকে বিপরীত দিকেও ঘুরানো যায়। যখন সাণ্ট মোটরের সহিত ব্যবহার করা হয়, তখন অনেক সময় কণ্ট্রোলারের মধ্যেই সাণ্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স যোগ করা থাকে।

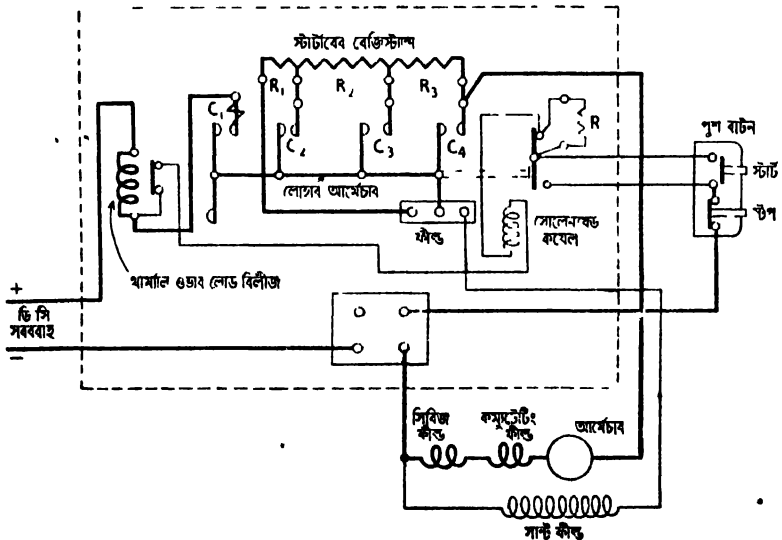
(৫) স্বয়ংক্রিয় স্টার্টার (Automatic Starters)

কার্যক্ষেত্রে অনেক সময় ডি. সি. মোটরের সহিত স্বয়ংক্রিয় স্টার্টার ব্যবহার করা হয়। হস্তচালিত স্টার্টারের তুলনায় ইহাতে অনেক বেশী সুবিধা পাওয়া যায়। যেমন, মোটর চালু করার সময় স্টার্টারের হাতলকে যদি হাত দিয়া ঠেলিয়া এক বোতাম হইতে অন্য বোতামের উপর খুব তাডাতাডি সরাইয়া দেওয়া হয়, তবে তড়িৎ-প্রবাহ অতিরিক্ত বৃদ্ধি পাইয়া সরবরাহ লাইনের ফিউজ-তারকে পোড়াইয়া ফেলিতে পারে, কিংবা সারকিট-ব্রেকারকে খুলিয়া দিতে পারে। কিন্তু স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স এক নির্দিষ্ট সময় পরে পরে উপযুক্ত পরিমাণে আর্মেচার-সারকিট হইতে বাদ পড়ে বলিয়া মোটর চালু করিতে এইরূপ কোন অসুবিধা দেখা দেয় না। তাহা ছাডা যেখানে মোটরকে মাঝে মাঝে চালু আর মাঝে মাঝে বন্ধ রাখিতে হয়, সেখানে 'পুশ-বাটন' (push-button)-এর সাহায্যে স্টার্টারকে পরিচালনা করিতে পারিলে কাজ অনেক সহজে আর স্বচ্ছন্দে করা যায়। পুশ-বাটন কেবলমাত্র স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারেই ব্যবহার করা চলে, হস্তচালিত স্টার্টারে নহে। পুশ-বাটন ছাড়াও ফ্লোট সুইচ (float switch), প্রেসার সুইচ (pressure switch) বা অন্য কোন স্বয়ংক্রিয় সুইচের সাহায্যে স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারকে মোটর হইতে অনেক দূরে অবস্থিত এক বা একাধিক জায়গা হইতে পরিচালনা করা যায়। বিশেষতঃ বড় বড় মোটরকে যখন খুব দ্রুত গতিতে চালনা করিতে হয় (যেমন রোলিং মিল পরিচালনা), তখন স্বয়ংক্রিয় স্টার্টার ব্যবহার করিলে যতটা সহজে আর সুষ্ঠুভাবে মোটর পরিচালনা করা যায়, অন্য কোন স্টার্টার ব্যবহার করিলে তাহা পারা যায় না।

স্বয়ংক্রিয়ভাবে (automatic) একটি ডি. সি. মোটর চালু করিতে বা বন্ধ করিতে, কিংবা মোটরের গতিমুখ বিপরীত করিতে, চুম্বক-শক্তির দ্বারা পরিচালিত কতকগুলি সুইচ ব্যবহার করা হয়। এই সুইচগুলি "চুম্বকীয় কন্‌ট্যাক্টার" (magnetic contactors) নামে পরিচিত। কন্‌ট্যাক্টার বা বোতামগুলি দুই রকম অবস্থায় থাকিয়া কাজ করে। কতকগুলি বোতাম নিজের নিজের জায়গায় স্থিরভাবে (fixed) থাকে, আর কতকগুলি প্রয়োজনমত সামনে বা পিছনে সরিতে পারে (moving)। চুম্বক-শক্তি উৎপন্ন করা হয় একটি তড়িৎ-চুম্বকের সাহায্যে, আর সেই তড়িৎ-চুম্বক একটি সোলেনয়েড (Solenoid) কয়েলের মধ্যে লোহার "কোর" বসাইয়া তৈরী করা হয়। যখন সোলেনয়েড দিয়া কারেণ্ট যায়, তখন লোহার কোর (core) তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হইয়া একটি লোহার আর্মেচারকে আকর্ষণ করে।

আর্মেচারের গায়ে কতকগুলি অন্তরিত (insulated) বৈদ্যুতিক কন্‌ট্যাক্ট বা বোতাম লাগানো থাকে। এইগুলিই চলনশীল কন্‌ট্যাক্টার। তড়িৎ-চুম্বক আর্মেচারকে আকর্ষণ করিলে চলনশীল কন্‌ট্যাক্টগুলি পর পর একটি নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে স্থির কন্‌ট্যাক্ট-গুলির সহিত আসিয়া মিলিত হইতে থাকে, আর সেই সঙ্গে স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সও উপযুক্ত পরিমাণে আর্মেচার-সারকিট হইতে বাদ পড়িতে আরম্ভ করে। অবশেষে সবগুলি কন্‌ট্যাক্ট যখন পরস্পরের সহিত মিলিত হইয়া বদ্ধ অবস্থায় থাকে, তখন স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের সমস্তটাই আর্মেচার-সারকিটের বাহিরে চলিয়া যায় ; ফলে মোটর চালু করার কাজও তখন সম্পূর্ণ হয়।

যে বর্তনী দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ সোলেনয়েড কয়েলে যায়, তাহা খুলিয়া গেলে তড়িৎ-চুম্বক লোহার আর্মেচারকে আর ধরিয়া রাখিতে পারে না। তখন স্প্রীংয়ের আকর্ষণেই হউক, কিংবা অন্য কোন উপায়েই হউক, আর্মেচার খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে ; সঙ্গে সঙ্গে কন্‌ট্যাক্টের সংযোগ খুলিয়া যাওয়ায় সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ ছিন্ন হয়। স্থির কন্‌ট্যাক্টের সহিত চলনশীল কনট্যাক্টের সংযোগ যখন খুলিতে আরম্ভ করে, তখন উভয় কন্‌ট্যাক্টের মধ্যে বৈদ্যুতিক আর্ক উৎপন্ন হইতে থাকে। মোটর বড় হইলে তড়িৎ-প্রবাহ এত বেশী হয় যে, স্টার্টারের মধ্যে "ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট কয়েল" (magnetic blow-out coil) ব্যবহার করিয়া তবে এই আর্ক নির্বাপিত করিতে হয়।

১৩৪নং চিত্রে একটি ইন্‌টারপোল ওয়ালা কম্পাউণ্ড মোটর ও একটি স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারের মধ্যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি পুশ-বাটনের সাহায্যে পরিচালিত স্টার্টার। যে বোতামের উপরে "স্টার্ট" (Start) কথাটি লেখা থাকে,

ইন্‌টারপোল ওয়ালা কম্পাউণ্ড মোটরের সহিত স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারের সংযোগ

১৩৪নং চিত্র

তাহাকে চাপিয়া ধরিলে সোলেনয়েড কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করে। তখন কয়েলের চুম্বক উত্তেজন পায় বলিয়া উহার আকর্ষণে আর্মেচার ডান দিকে সরিয়া আসে। সঙ্গে সঙ্গে বাঁ দিকের সর্বশেষ কন্‌ট্যাক্ট C_1 বন্ধ হইয়া সাণ্ট ফীল্ডকে সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত করিয়া দেয়; আর ঐ একই সময়ের মধ্যে সিরিজ ফীল্ড, কম্যুটেটিং ফীল্ড (অর্থাৎ ইন্‌টারপোলের কয়েল) এবং আর্মেচার স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের R_1, R_2 ও R_3—এই তিন অংশের সহিত সিরিজে থাকিয়া সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত হয়। স্টার্টারের মধ্যে এমন যান্ত্রিক ব্যবস্থা করা থাকে যাহাতে চলনশীল কন্‌ট্যাক্টগুলি একে একে স্থির কন্‌ট্যাক্টের (চিত্রে C_2, C_3 এবং C_4-দ্বারা চিহ্নিত) সহিত আসিয়া মিলিত হইতে পারে, আর ইহাতে R_1, R_2 এবং R_3 এক নির্দিষ্ট সময় পরে পরে সর্ট-সারকিট হইয়া আর্মেচার-সারকিটের বাহিরে চলিয়া যায়। সোলেনয়েড কয়েলের সহিত R দ্বারা চিহ্নিত যে রেজিস্ট্যান্সটি সিরিজে যোগ করা থাকে, মোটর চালু করার সময় একটি সুইচের সাহায্যে তাহাকে সর্ট-সারকিট করিয়া রাখা হয়। সবগুলি কন্‌ট্যাক্ট বন্ধ হওয়ার পরে ঐ সুইচটি যখন খুলিয়া যায়, তখন কয়েলের সহিত R সিরিজে যুক্ত হইয়া তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ হ্রাস করে। ইহাতে সোলেনয়েড কম গরম হয়। তবে পরিমাণ হ্রাস পাইলেও কন্‌ট্যাক্টগুলিকে বন্ধ করিয়া রাখিবার পক্ষে যথেষ্ট কারেন্ট কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে।

যে বোতামের উপর "স্টপ" (Stop) কথাটি লেখা থাকে, তাহাতে চাপ দিলে সোলেনয়েড কয়েলের বর্তনী খুলিয়া যায়। তখন কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হয় বলিয়া ঐ কয়েলের চুম্বকে আর উত্তেজন থাকে না, ফলে স্প্রীংয়ের আকর্ষণে আর্মেচার খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে, আর সঙ্গে সঙ্গে কন্‌ট্যাক্টগুলির সংযোগ খুলিয়া যায় বলিয়া সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ ছিন্ন হয়।

মোটরে বেশী লোড পড়িলে তড়িৎ-প্রবাহ অতিরিক্ত বৃদ্ধি পাইয়া যাহাতে আর্মেচারকে পোড়াইয়া ফেলিতে না পারে সেইজন্য সোলেনয়েড কয়েলের সারকিটে অনেক সময় "থার্ম্যাল ওভার-লোড রিলীজ কয়েল" (thermal over-load release coil) ব্যবহার করা হয়। লাইনে কারেন্ট বৃদ্ধি পাইলে ওভার-লোড কয়েল খুব বেশী গরম হইয়া ওঠে, আর স্টার্টারে এমন ব্যবস্থা করা থাকে যে, ওভার-লোড কয়েল বেশী গরম হইয়া উঠিলেই সোলেনয়েড কয়েলের সারকিট খুলিয়া যায়। তখন মোটরে আর কারেন্ট প্রবেশ করিতে পারে না।

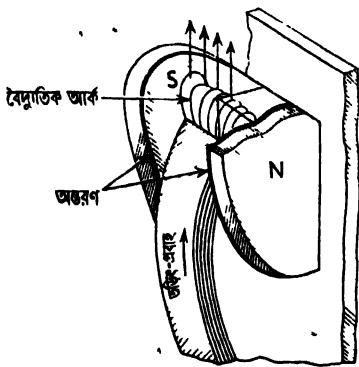
(৬) থার্ম্যাল প্রোটেক্‌শন (Thermal Protection)

স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারে বা কন্ট্রোলারে প্রায়ই এমন ব্যবস্থা করা থাকে যাহাতে মোটরে অতিরিক্ত কারেন্ট প্রবেশ করিয়া আর্মেচার বা ফীল্ড-কয়েলের কোন ক্ষতি করিতে না পারে। এই উদ্দেশ্যে স্টার্টারের সহিত সারকিট্-ব্রেকার কিংবা ফিউজ-তার কিংবা ওভার-লোড রিলীজ কয়েল ব্যবহার করা হয়। যদি কোন কারণে মোটর চালু হইতে না পারে, অথবা চলিতে চলিতে আর্মেচার যদি হঠাৎ থামিয়া যায়, অথবা

মোটর যদি অনবরত বেশী লোড লইয়া চলিতে থাকে, তবে সরবরাহ লাইনের সহিত সংযোগ খুলিয়া দিয়া ইহারা মোটরকে রক্ষা করে। ইহাদের মধ্যে থার্ম্যাল ওভার-লোড রিলীজ কয়েল কিভাবে কাজ করে তাহাই এখানে বলা হইতেছে :

থার্ম্যাল রিলে প্রধানতঃ একটি থার্মোস্ট্যাট্ (thermostat) লইয়া গঠিত। যে বর্তনী দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া স্টার্টারকে নিয়ন্ত্রণ করে, থার্মোস্ট্যাটের কন্‌ট্যাক্টসমূহ তাহার সহিত সিরিজে লাগানো থাকে। স্বাভাবিক অবস্থায় কন্‌ট্যাক্ট-গুলির সংযোগ বন্ধ থাকে। কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ খুব বেশী বৃদ্ধি পাইলে মোটর যখন অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিতে আরম্ভ করে, তখন এই সংযোগ খুলিয়া যায় ; ফলে স্টার্টারের হাতল বা আর্মেচার খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে, আর সেই সঙ্গে মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হইয়া যায়। মোটর গরম হইয়া উঠিলেও কোন কারণে স্টার্টারের হাতল যদি খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসিতে না পারে, তখন যাহাতে বিপদের সংকেত বাহির হইতে পাওয়া যায় সেইজন্য অনেক সময় থার্মোস্ট্যাটের সঙ্গে বাতি কিংবা বৈদ্যুতিক ঘণ্টা ব্যবহাব করা হয়। থার্মোস্ট্যাটের কন্‌ট্যাক্ট খুলিয়া গেলেই ঐ বাতি জলিয়া ওঠে কিংবা বৈদ্যুতিক ঘণ্টা বাজিতে আরম্ভ করে।

(৭) ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট (Magnetic Blow-Outs)

কণ্ট্রোলার কিংবা সারকিট-ব্রেকারের কন্‌ট্যাক্টগুলি যখন একে একে খুলিতে থাকে, তখন স্থির কন্‌ট্যাক্ট আর চলনশীল কন্‌ট্যাক্টের মধ্যে বৈদ্যুতিক আর্ক (electric arc) উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করে। এই আর্ক যদি কিছুক্ষণ স্থায়ী হয়, তবে তাহা কন্‌ট্যাক্টের ক্ষতি করে, এমন কি কন্‌ট্যাক্টগুলি খুব বেশী গরম হইয়া পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। তাই উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে আর্ককে যাহাতে নির্বাপিত করা যায় সেই উদ্দেশ্যে কণ্ট্রোলারে অথবা সারকিট-ব্রেকারে "ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট" ব্যবহার করা হয়। ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট একটি তড়িৎ-চুম্বক লইয়া গঠিত। এই চুম্বক এমনভাবে বসানো থাকে যাহাতে উহার রেখাপ্রবাহ আর্কের সহিত আড়াআড়ি-ভাবে অবস্থান করিতে পারে। ইহাতে চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত কোন পরিবাহী দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় যে প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি হয়, আর্কের উপরেও সেই প্রতিক্রিয়া দেখা দেয়। কন্‌ট্যাক্ট খুলিয়া যাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে আর্ক উৎপন্ন হয়, আর কারেন্ট সেই আর্কের মধ্য দিয়া স্থির কন্‌ট্যাক্ট হইতে চলনশীল কন্‌ট্যাক্টে যায়।

ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট
১৩৫নং চিত্র

তখন আর্ক চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত একটি পরিবাহী হিসাবে কাজ করিতে আরম্ভ করে, আর চুম্বক বলরেখার সহিত সমকোণ উৎপন্ন করিয়া ঐ আর্কের মধ্য দিয়া

তড়িৎ প্রবাহিত হয় বলিয়া ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত নিয়ম অনুসারে বৃদ্ধাঙ্গুলী যে-দিক নির্দেশ করে, সেই দিকে ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট আর্ককে ঠেলিয়া দেয়। ফলে আর্কের লম্বাই এত বেশী বৃদ্ধি পায় যে, তাহা কন্‌ট্যাক্টের কিছু ক্ষতি করিবার পূর্বেই অতি শীঘ্র নির্বাপিত হয়।

যে তড়িৎ-প্রবাহকে বাধা দিলে আর্ক নির্বাপিত হয়, তাহার সহিত চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রখরতা সমানুপাতি হওয়া আবশ্যক। নচেৎ অধিক লোডে আর্ক যখন বেশী শক্তিশালী হইয়া ওঠে, তখন ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট তাহাকে কন্‌ট্যাক্টের প্রান্তের দিকে ঠেলিয়া দিতে পারে না। সেইজন্য প্রত্যেক কণ্ট্রোলারেই যে সারকিট দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহার সহিত ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট কয়েল সিরিজে লাগানো থাকে। কন্‌ট্যাক্টের মধ্যে আর্ক উৎপন্ন হওয়ার সময় তড়িৎ-চুম্বকের দুই পোলের মুখের দিকে তাহা লাফ দিয়া যাইতে চেষ্টা করে। আর্কের এই কাজ বন্ধ করার জন্য উভয় পোলের ভিতরের দিকের চারিধার উপযুক্ত মানের ইন্‌সুলেশন বা অন্তরণ দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া আবশ্যক। ১৩৫নং চিত্রে ইহা দেখানো হইয়াছে। যে-সকল সারকিট-ব্রেকার দিয়া খুব বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হয়, অনেক সময় তাহাদের কন্‌ট্যাক্টের মধ্যে উৎপন্ন আর্ককে একটি অপ্রশস্ত নালীর মধ্যে ঠেলিয়া দিয়া নির্বাপিত করা হইয়া থাকে। এই নালী "আর্ক শাটে" (arc shute) নামে পরিচিত। আর্কের লম্বাই যখন বৃদ্ধি পায়, তখন উহা আর্ক শাটের দেওয়ালে আসিয়া ঠেকে। সেখানে আর্ক ঠাণ্ডা হইয়া গেলে উহার ভিতর দিয়া তড়িৎ আর প্রবাহিত হইতে পারে না।

(৮) মাস্টার কণ্ট্রোলার (Master Controllers)

যে সারকিটে উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপ ব্যবহার করা হয়, কিংবা যাহা দিয়া খুব বেশী কারেণ্ট যায়, সেই সারকিট পরিচালনা করিতে মাস্টার কণ্ট্রোলার ব্যবহার করা হইয়া থাকে। মাস্টার কণ্ট্রোলার অপেক্ষাকৃত কম ভোল্টেজে কাজ করে, আর উহার মধ্য দিয়া খুব অল্প কারেণ্ট যায়। প্রধান সারকিট খোলা হয় কিংবা বন্ধ করা হয় কতকগুলি রিলে (relays) অথবা কন্‌ট্যাক্টারের সাহায্যে, আর মাস্টার কণ্ট্রোলার সেই সকল রিলে অথবা কন্‌ট্যাক্টারকে নিয়ন্ত্রণ করে।

৬-১৪। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ (Speed Control of D. C. Motors)

ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিতে বহু রকমের ব্যবস্থা কার্যক্ষেত্রে অবলম্বন করা হইয়া থাকে। একটি মোটর কিভাবে চলিবে তাহা যে কাজের জন্য মোটরটি নির্দিষ্ট হইয়াছে, সাধারণতঃ তাহার উপরেই নির্ভর করে। কোন কোন কাজে মোটরের গতিবেগ অনবরত পরিবর্তন করিতে হয়, কোথাও আবার মোটরকে কেবল-মাত্র কয়েকটি নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরাইলেই চলে। কোথাও আবার সূক্ষ্ম ধরনের কাজ করার সময় মেশিনকে যখন খুব আস্তে চালাইতে হয়, তখন মোটরের আর্মেচার প্রতি মিনিটে মাত্র অল্প কয়েক পাক ঘোরে। সুতরাং এই সকল কাজের কথা বিবেচনা

করিয়া, আর সর্বোপরি মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ আছে তাহার প্রতি লক্ষ্য রাখিয়া, তবেই মোটবের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণের জন্য ব্যবস্থা অবলম্বন করা উচিত।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, একটি ডি. সি. মোটর প্রতি মিনিটে যত পাক ঘোরে তাহা, অর্থাৎ

$$N = K\frac{E_b}{\phi}$$

$$= K\frac{V - I_a R_a}{\phi} \text{ অথবা } K\frac{V - I_a(R_a + R_{se})}{\phi}\text{।}$$

এখানে ϕ = চুম্বক-ক্ষেত্রে প্রতি পোলের দ্বারা উৎপন্ন বলরেখার সংখ্যা,

E_b – আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল,

V = মোটরের টার্মিন্যাল ভোল্টেজ,

I_a – আর্মেচারের কারেণ্ট,

R_a = আর্মেচারের বেজিস্ট্যান্স,

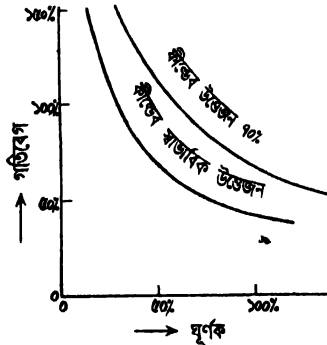
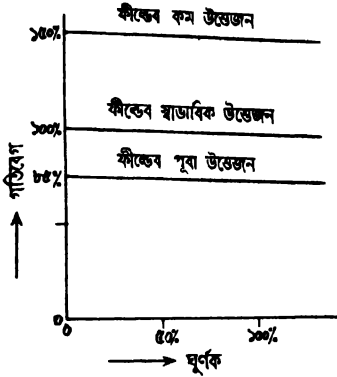
R_{se} = সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স,

আর K একটি অপরিবর্তনীয় সংখ্যা (a constant)।

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে ϕ, I_a আর V—এই তিনটির যে-কোন একটিকে বা একাধিককে কম-বেশী করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। কার্যক্ষেত্রে এই নিয়ন্ত্রণ কিভাবে সমাধা করা হয়, তাহা নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল :

(১) চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রখরতা নিয়ন্ত্রণ (Field Control)

চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা কম-বেশী করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা যায়। ইংরাজিতে এই ব্যবস্থাকে "ফীল্ড কণ্ট্রোল" বলে। ফীল্ড-কয়েল দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহার পরিমাণ কম বা বেশী করিলেই বলরেখার সংখ্যা কমে বা বাড়ে, আর মোটরের গতিবেগ ϕ-এর বিপরীত অনুপাতি হওয়ার জন্য ϕ যখন বাড়ে মোটরের গতিবেগ তখন কমে, আর ϕ যখন কমে মোটরের গতিবেগ তখন বাড়ে। সাণ্ট মোটরের ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে একটি পবিবর্তনশীল রোধক যোগ করিয়া খুব সহজেই ফীল্ডের কারেণ্ট কম-বেশী করা যায়। সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে অবশ্য এই কাজ করা হয় ফীল্ড-কয়েলের সহিত প্যার্যালেলে একটি পরিবর্তনশীল রোধক যোগ করিয়া। সাণ্ট ফীল্ডের রোধক "রেগুলেটার" আর সিরিজ ফীল্ডের রোধক "ডাইভারটার" নামে পবিচিত। কোন কোন সিরিজ মোটরে ডাইভারটারের পরিবর্তে ফীল্ডে প্রয়োজনমত বেশী বা কম সংখ্যক পাকের মধ্য দিয়া যাহাতে কারেণ্ট পাঠানো যায়, সেইরূপ বন্দোবস্ত করা থাকে। ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্সকে যত বাড়ানো যায়, ফীল্ড দিয়া ততই কম কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে থাকে ; ফলে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে। এই গতিবেগ মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া না ওঠা

পর্যন্ত ক্রমাগত তাহা বাড়ানো চলে। কিন্তু মোটরের সর্বনিম্ন গতিবেগ নির্ভর করে ফীল্ড দিয়া কত বেশী কারেণ্ট পাঠানো যায় তাহার উপর। ফীল্ড-কয়েল গরম হইয়া উঠিলে উহাতে আর বেশী কারেণ্ট দেওয়া যায় না, তখন মোটরের গতিবেগও আর কম করা চলে না। চুম্বক বলরেখার সংখ্যা পরিবর্তন করার সময় সাণ্ট মোটর ও সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ থাকে, তাহা যথাক্রমে ১৩৬(ক)নং ও ১৩৬(খ) নং চিত্র দুইটিতে দেখানো হইয়াছে।

সাণ্ট মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ
১৩৬(ক)নং চিত্র

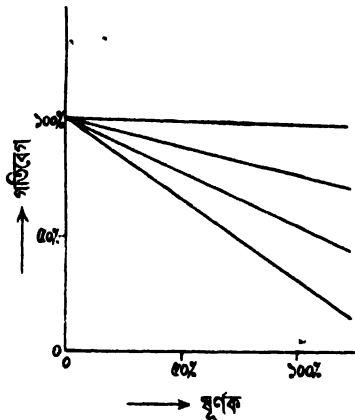
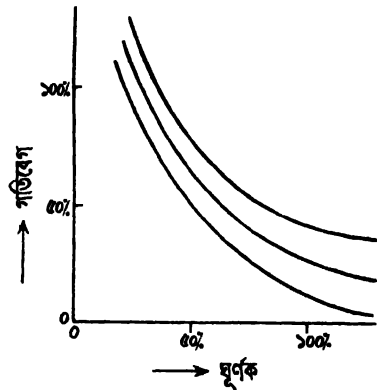
সিরিজ মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ
১৩৬(খ)নং চিত্র

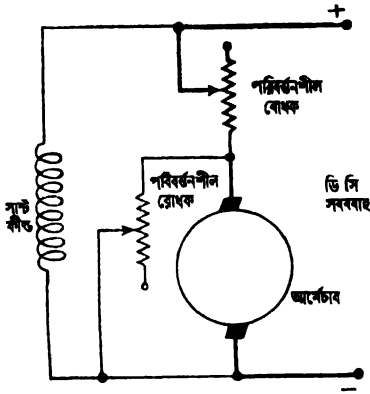
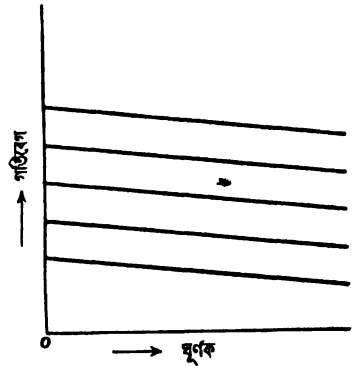
ফীল্ড-সারকিটে পরিবর্তনশীল রোধক ব্যবহার না করিয়াও আর্মেচারের পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার সংখ্যা কম বা বেশী করা যায়। কোন কোন মোটরে এই কাজ করা হয় কখন ঘুরন্ত আর্মেচারের কিছু অংশকে চুম্বক-ক্ষেত্রের বাহিরে পাঠাইয়া, আর কখন আর্মেচারকে পুরাপুরি চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে চালু রাখিয়া। আর্মেচারের কিছু অংশ যখন চুম্বক-ক্ষেত্রের বাহিরে থাকে, তখন পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পায়, ফলে মোটর বেশী জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে। আবার যখন আর্মেচার পুরাপুরি চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে থাকে, তখন অধিক সংখ্যক বলরেখা পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট হয় বলিয়া মোটর অপেক্ষাকৃত আস্তে চলে। এই পদ্ধতির সাহায্যে মোটরের গতিবেগ খুব সুষ্ঠুভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়, আর আবর্তনের সংখ্যা অনেক বেশী বাড়ানো বা কমানো চলে। সর্বোচ্চ আর সর্বনিম্ন গতিবেগের মধ্যে তখন ১০ : ১ পর্যন্ত অনুপাত হইতে পারে। এই ধরনের মোটরে সাধারণতঃ ইণ্টারপোল ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

(২) পরিবর্তনশীল রোধকের সাহায্যে আর্মেচারের বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ (Resistance Control)

আর্মেচারের সহিত সিরিজে রেজিস্ট্যান্স যোগ করিয়া (১৩৭নং চিত্র) ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। ইংরাজিতে এই পদ্ধতিকে "রেজিস্ট্যান্স

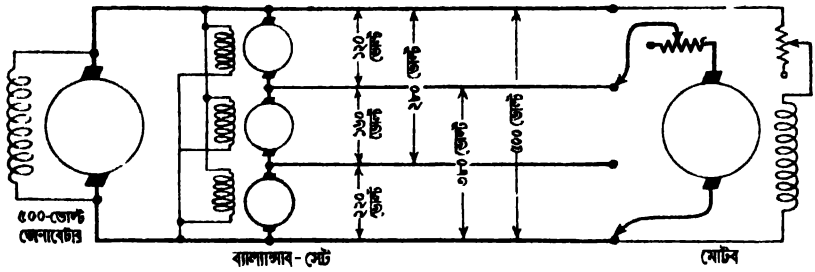
কণ্ট্রোল” বলে। রেজিস্ট্যান্স সিরিজে লাগানো থাকে বলিয়া আর্মেচারের কারেন্ট যখন উহার মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়, তখন ঐ রেজিস্ট্যান্সে তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে। রেজিস্ট্যান্স বেশী হইলে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি বাড়ে, আর তাহা কমিলে তড়িৎ-চাপের ঘাটতিও কমে; ফলে রেজিস্ট্যান্স কম-বেশী করিয়া আর্মেচারের বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আর সেই সঙ্গে মোটরের গতিবেগ প্রয়োজনমত বাড়ানো বা কমানো চলে। এই পদ্ধতির সাহায্যে মোটরের সর্বোচ্চ আর সর্বনিম্ন গতিবেগের মধ্যে পার্থক্য খুব বেশী রাখা যায়। মোটর যখন প্রতি মিনিটে অল্প কয়েক পাক মাত্র ঘোরে, তখন গতিবেগ নিয়ন্ত্রণের জন্য সাধারণতঃ এই ব্যবস্থাই অবলম্বন করা হইয়া থাকে। তবে ইহাতে একটি বড় রকমের অসুবিধাও দেখা দেয়। আবর্তনের সংখ্যা খুব বেশী কমাইতে গেলে আর্মেচারের সঙ্গে রেজিস্ট্যান্স অধিক পরিমাণে সিরিজে যোগ করিতে হয়। তখন ঐ রেজিস্ট্যান্সে খুব বেশী শক্তির অপচয় (power loss) ঘটে, আর একই সঙ্গে মোটরের কর্মক্ষমতাও (efficiency) বহুলাংশে হ্রাস পায়। সিরিজে রেজিস্ট্যান্স যোগ করিলে মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ হয়, তাহা সাণ্ট মোটরের ক্ষেত্রে ১৩৮(ক)নং চিত্রে আর সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে ১৩৮(খ)নং চিত্রে প্রদর্শিত বিশিষ্টতা-রেখার অনুরূপ।

আর্মেচারের সহিত সিরিজে পরিবর্তনশীল রোধকের ব্যবহার
১৩৭ নং চিত্র

সাণ্ট মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ
১৩৮(ক)নং চিত্র

সিরিজ মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ
১৩৮(খ)নং চিত্র

আর্মেচারের সহিত সিরিজে রেজিস্ট্যান্স যোগ করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা খুব সহজ, কিন্তু যেখানে লোড অনবরত কম-বেশী হইতে থাকে, সেখানে এই পদ্ধতি ব্যবহার করার সময় যথেষ্ট অসুবিধা দেখা দেয়। অল্প লোডে মোটরকে যখন আস্তে চালাইবার প্রয়োজন হয়, তখন আপনা হইতেই উহার গতিবেগ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য অনেক সময় তাই আর্মেচার-সারকিটে দুইটি করিয়া রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করা হয়, একটি আর্মেচারের সহিত প্যারালেলে আর অন্যটি সিরিজে। ১৩৯(ক)নং চিত্রে এই সংযোগ দেখানো হইয়াছে। রেজিস্ট্যান্স

আর্মেচার-সারকিটে দুইটি রেজিস্ট্যান্সের সংযোগ
১৩৯(ক)নং চিত্র

মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ
১৩৯(খ)নং চিত্র

দুইটিকে উপযুক্ত পরিমাণে কম-বেশী করিয়া লোডের যে-কোন অবস্থাতেই মোটরকে নির্দিষ্ট গতিবেগে চালানো যায়। ১৩৯(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।

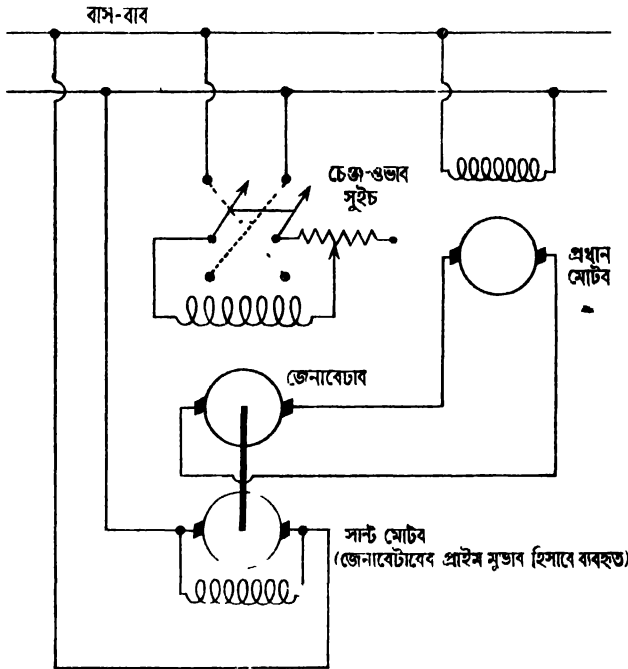
(৩) আর্মেচারের দুই প্রান্তের মধ্যে বিভিন্ন মানের তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ (Multivoltage System)

আর্মেচারের দুই প্রান্তের মধ্যে যে তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করা হয়, তাহার পরিমাণ কম-বেশী করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। ইংরাজিতে এই পদ্ধতিকে "মাল্টিভোল্টেজ কন্ট্রোল" বলে। এই নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় মোটরের সান্ট ফীল্ডে স্থায়িভাবে এক নির্দিষ্ট তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করা থাকে, আর সাধারণতঃ "ব্যালান্সার-সেট" (balancer set)-এর সাহায্যে আর্মেচারে বিভিন্ন মানের ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়। সরবরাহ ব্যবস্থায় যদি চারিটি আলাদা লাইন থাকে (১৪০নং চিত্র), তবে আর্মেচারের প্রান্তে ছয়টি ভিন্ন মানের ভোল্টেজ পাওয়া যায়। প্রত্যেক ভোল্টেজ আর্মেচারকে এক নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরায়। এই গতিবেগ আবার সান্ট ফীল্ডের রেগুলেটারের সাহায্যেও কিছুটা কম-বেশী করা চলে।

মাল্টি-ভোল্টেজ পদ্ধতিতে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ
১৪০নং চিত্র

যেহেতু বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে ব্যালান্সার-সেট আর অনেকগুলি লাইন প্রয়োজন হয়, সেইজন্য এই পদ্ধতির ব্যবহার কার্যক্ষেত্রে খুবই সীমাবদ্ধ, কারণ ইহাতে খরচ অনেক বেশী পড়ে। তবে যেখানে একাধিক উত্তোলন করিবার যন্ত্র বা এলিভেটর (elevator) একত্রে পরিচালনা করিতে হয়, সেখানে মোটর চালু করার পক্ষে এই ব্যবস্থা অতিশয় উপযোগী। রেজিস্ট্যান্সের সাহায্যে মোটর চালু করিলে যথেষ্ট পরিমাণে তড়িৎ-শক্তির অপচয় ঘটে। তাই যে কাজের জন্য মোটরকে বারে বারে বন্ধ করিয়া আবার চালু করিতে হয়, সেই সকল কাজে মাল্টিভোল্টেজ পদ্ধতি ব্যবহার করিলে তড়িৎ-শক্তির অপচয় উল্লেখযোগ্য পরিমাণে হ্রাস পায়।

(৪) ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতি (Ward-Leonard System)

এই পদ্ধতির সাহায্যে গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিতে হইলে মোটরের আর্মেচারে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার জন্য এমন একটি জেনারেটার ব্যবহার করিতে হয় যাহার ভোল্টেজ প্রয়োজনমত কম বা বেশী করা চলে। জেনারেটারের আর্মেচারকে অন্য একটি মোটরের দ্বারা সর্বদা একই গতিবেগে ঘুরানো হয়। উহার ফীল্ড-কয়েলের সহিত একটি পরিবর্তনশীল রোধক সিরিজে যোগ করা থাকে, আর সরবরাহ লাইনের সহিত তাহাদের সংযুক্ত করা হয় একটি "চেঞ্জ-ওভার সুইচ" (change-over switch)-এর সাহায্যে (১৪১নং চিত্র)। সুইচকে উপরের দিকে তুলিয়া দিলে জেনারেটারের চুম্বকগুলি যে মেরুত্ব লাভ করে, নীচের দিকে নামাইয়া দিলে চুম্বকের মেরুত্ব তাহার ঠিক বিপরীত হয়। সুতরাং জেনারেটারের চুম্বক-ক্ষেত্রের উত্তেজন ও চুম্বকের মেরুত্ব প্রয়োজনমত বদল করা যায়, আর সেই সঙ্গে উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কম-বেশী ও অভিমুখের দিক পরিবর্তিত হইতে থাকে। এই জেনারেটার হইতেই প্রধান মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় বলিয়া ঐ মোটরের আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ আর তাহার অভিমুখ (direction) ইচ্ছামত বদল করা যাইতে পারে। প্রধান মোটরের ফীল্ড সরবরাহ লাইনের সহিত স্থায়িভাবে যুক্ত থাকে, তাই উহার চুম্বক-ক্ষেত্রের উত্তেজন পরিবর্তিত হয় না ; কিন্তু আর্মেচারের কারেন্ট আর তাহার অভিমুখ কম-বেশী করা যায় বলিয়া মোটরের

বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের (back e.m.f.) পরিমাণ আর অভিমুখ প্রয়োজনমত বদল করা চলে। সুতরাং এই ব্যবস্থায় মোটরের আবর্তনকে যত ইচ্ছা তত, এমন কি শূন্য হইতে সর্বোচ্চ গতিবেগ পর্যন্ত, কম-বেশী করা সম্ভব হয়। সরবরাহ লাইনে যদি পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ থাকে, তবে জেনারেটারকে চালাইতে ডি. সি. মোটরের পরিবর্তে সিন্‌ক্রোনাস কিংবা স্কুইর্ল্‌-কেজ ইণ্ডাক্‌শন মোটর ব্যবহার করা হয়।

ওয়ার্ড লিয়োনার্ড পদ্ধতির সাহায্যে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ

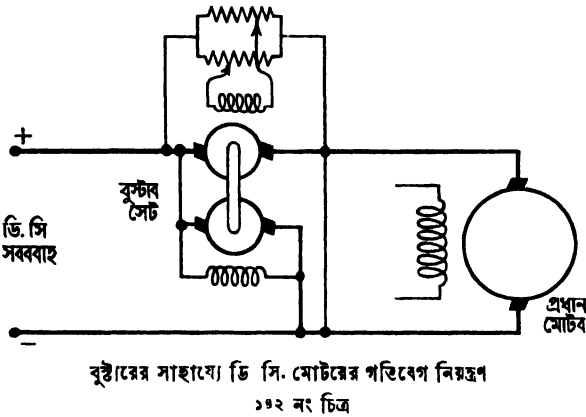
১৪১ নং চিত্র

ওয়ার্ড লিয়োনার্ড পদ্ধতির সাহায্যে গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিতে হইলে তিনটি মেসিনের প্রয়োজন হয়। এই তিনটি মেসিনের প্রত্যেকটির ক্ষমতা প্রধান মোটরের পুরা লোডের উপযোগী হওয়া দরকার। তাই ইহাতে খরচ বেশী পড়ে, আর সেইজন্য এই পদ্ধতির ব্যবহার কার্যক্ষেত্রে অতিশয় সীমাবদ্ধ। তবে যেখানে বড় বড় মেসিনকে খুব দ্রুত গতিতে পরিচালনা করিতে হয়, সেখানে এই ব্যবস্থার সাহায্যে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিলে ভাল ফল পাওয়া যায়। কয়লা খনির ইঞ্জিন বা রোলিং মিল চালনাকারী মোটরকে অনেক সময় ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতির সাহায্যেই নিয়ন্ত্রণ করা হইয়া থাকে। যে-সকল কাজে মোটরের আবর্তনের অভিমুখ বারে বারে পরিবর্তন করিতে হয়, সেই সকল কাজের পক্ষেও এই পদ্ধতি অতিশয় উপযোগী। লিফ্‌ট্‌,

প্ল্যানার মেশিন (Planer) প্রভৃতি পরিচালনা করা এই ধরনের কাজ। বিভিন্ন ধরনের কাজের পক্ষে যাহাতে উপযুক্ত হয় সেইজন্য ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতিকে কার্য-ক্ষেত্রে নানা রকমে ব্যবহার করিতে দেখা যায়, তবে কোন ক্ষেত্রেই এই পদ্ধতির মৌলিক নিয়মের কোন পরিবর্তন করা হয় না।

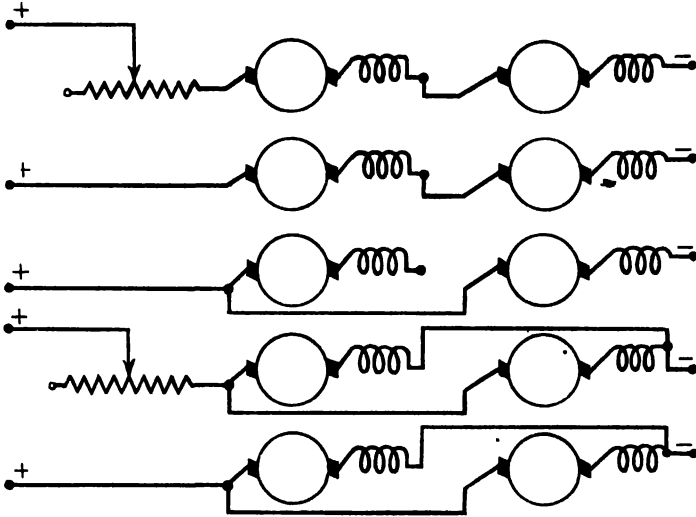
(৫) বুস্টারের সাহায্যে আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ (Booster Control)

যেখানে সরবরাহ লাইন দিয়া অনুবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়, সেখানে আর্মেচারের সহিত সিরিজে একটি বুস্টার ব্যবহার করিয়া মোটরের প্রান্তিক চাপকে নির্দিষ্ট মান অপেক্ষা কম বা বেশী করা যায়। বুস্টার এবং মোটরের এই সংযোগ ১৪২নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। মোটরের প্রান্তে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা যতটা বেশী ভোল্টেজ দরকার হয়, বুস্টার কেবলমাত্র ততটা ভোল্টেজই উৎপন্ন করে। তাই ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতির ন্যায় ইহাতে তিনটি আলাদা মেসিনের প্রয়োজন হইলেও বুস্টার এবং উহার পরিচালক মোটর উভয়ের ক্ষমতা প্রধান মোটরের পূরা লোডের তুলনায় অনেক কম থাকে। বুস্টার আর্মেচারে বেশী ভোল্টেজ সরবরাহ করিলে মোটরের গতিবেগ বাড়ে, আর সেই ভোল্টেজ কম হইলে মোটরের গতিবেগও কমে।

বুস্টারের সাহায্যে ডি সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ
১৪২ নং চিত্র

সরবরাহ লাইনে পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ থাকিলে বুস্টারের পরিবর্তে 'মার্কিউরি-আর্ক রেক্টিফায়ার" (Mercury-arc Rectifier) ব্যবহার করিয়া আর্মেচারে বিভিন্ন মানের ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা যায়। সেক্ষেত্রে রেক্টিফায়ারের 'গ্রিড' (grid)-কে নিয়ন্ত্রণ করিয়া ভোল্টেজ কম-বেশী করা হয়।

(৬) সিরিজ-প্যারালেল নিয়ন্ত্রণ (Series-Parallel Control)

গতিবেগ নিয়ন্ত্রণের এই পদ্ধতি প্রধানতঃ সিরিজ আর কম্পাউণ্ড মোটরের ক্ষেত্রেই ব্যবহার করা হয়। ট্রামে, ট্রলি বাসে কিংবা বৈদ্যুতিক ট্রেনে দুই বা ততোধিক সিরিজ অথবা কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর একত্র হইয়া গাড়ী চালায়। তাহাদের

প্রত্যেকের ক্ষমতা (horse power) সমান, আর সব কয়টি মোটরই লাইন-ভোল্টেজের উপযোগী। চালু করার সময় যখন সবগুলি মোটর সিরিজে যোগ করা থাকে, তখন প্রত্যেক মোটরের টার্মিন্যালে লাইন-ভোল্টেজের সমান অংশ কাজ করে। ১৪৩ নং চিত্রে এইরূপ দুইটি সিরিজ মোটরের সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এক্ষেত্রে চালু করার সময় প্রত্যেক মোটর লাইন-ভোল্টেজের অর্ধেক পায়। তাহা ছাড়া আর্মেচারের সঙ্গে সিরিজে পরিবর্তনশীল রোধক (কণ্ট্রোলার) যোগ করা থাকে বলিয়া চালু করার সময় মোটরে কম কারেণ্ট যায়, আর ইহাতে শক্তির অপচয় কম হয়। যখন একে একে কণ্ট্রোলারের সব রেজিস্ট্যান্স বাদ পড়ে, তখন দুইটি মোটর

সিরিজ-প্যারালেল পদ্ধতিতে সিরিজ মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ
১৪৩ নং চিত্র

সিরিজে থাকিয়া ঘুরিতে আরম্ভ করে। এই সময় তাহাদের সংযোগ প্যারালেলে বদল করিয়া দিয়া আবার কণ্ট্রোলারের রেজিস্ট্যান্স লাইনের সঙ্গে সিরিজে যোগ করিতে হয়, কারণ মোটরের আর্মেচারে তখন কেবলমাত্র অর্ধেক পরিমাণ বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট থাকে। পরে আবার একটু একটু করিয়া কণ্ট্রোলারের রেজিস্ট্যান্স বাদ দেওয়া হয়। যখন দ্বিতীয়বার সব রেজিস্ট্যান্স বাদ পড়ে, তখন দুইটি মোটরই লাইনের পূরা ভোল্টেজ পায় আর সর্বোচ্চ গতিবেগে চলিতে থাকে।

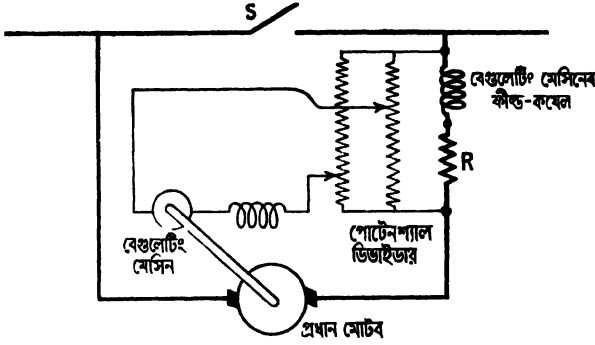
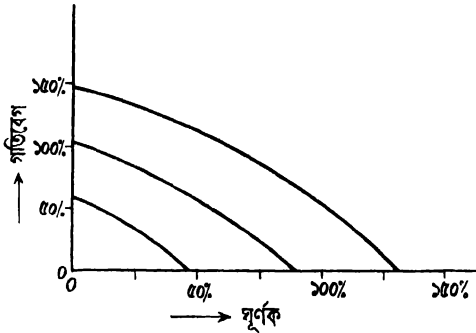
(৭) মাল্টিপ্‌ল-ইউনিট নিয়ন্ত্রণ (Multiple-Unit Control)

বৈদ্যুতিক রেলগাড়ীতে যখন বড় বড় মোটর ব্যবহার করা হয়, তখন চালু করিবার সময় মোটর এত বেশী কারেণ্ট লইতে থাকে যে, সিরিজ-প্যারালেল নিয়ন্ত্রণ ব্যবহার করিতে গেলে কণ্ট্রোলারের আয়তন, পরিচালকের নিরাপত্তা, খরচ প্রভৃতি লইয়া

নানা প্রকার সমস্যা দেখা দেয়। তাহা ছাড়া ভিন্ন ভিন্ন কামরায় যতগুলি মোটর থাকে, তাহাদের এক জায়গা হইতে একই সঙ্গে আর একই রকমে যাহাতে নিয়ন্ত্রণ করা যায়, গাড়ীতে সেইরূপ বন্দোবস্ত থাকাও দরকার। মাল্টিপ্‌ল-ইউনিট নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় এই কাজ খুব স্বচ্ছন্দে আর সুষ্ঠুভাবে করা চলে। ইহাতে কামরার নীচে যে সোলেনয়েড বসানো থাকে, তাহার সাহায্যে পরিচালিত কন্‌ট্যাক্টারসমূহ (contactors) সুইচের কাজ করে। কন্‌ট্যাক্টারগুলি "ট্রেন লাইন" (train line) নামে পরিচিত একটি সাহায্যকারী বর্তনীর (auxiliary circuit) দ্বারা পরিচালিত হয়, আর সেই বর্তনী সমগ্র ট্রেনের এক প্রান্ত হইতে অন্য প্রান্ত পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। সাহায্যকারী বর্তনী যখন গাড়ীর এক কামরা হইতে অন্য কামরায় যায়, তখন উহার সংযোগ বজায় রাখিতে "প্লাগ" আর "সকেট" (plug and socket) ব্যবহার করা হয়। এই প্লাগ আর সকেট দুই কামরার মধ্যে "কাপ্‌লার" (coupler)-এর ভিতর বসানো থাকে। গাড়ীর চালক একটি মাস্টার কণ্ট্রোলারের সাহায্যে মোটরগুলি নিয়ন্ত্রণ করে, আর সেই মাস্টার কণ্ট্রোলারের মধ্য দিয়াই তড়িৎ-প্রবাহ ট্রেন লাইনে যায়। যেহেতু ট্রেন লাইন মাত্র ২·৫ অ্যাম্পিয়ারের মত কারেণ্ট বহন করে, অতএব মোটরের ক্ষমতার তুলনায় অনেক ছোট আকারের কণ্ট্রোলার এই কাজে ব্যবহার করা চলে। তাহা ছাড়া এই ব্যবস্থায় আরও একটি বিশেষ সুবিধা পাওয়া যায়। চালু হওয়ার পরে মোটরের গতিবেগ যখন ক্রমে ক্রমে বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, তখন কণ্ট্রোলারের রেজিস্ট্যান্স স্বয়ংক্রিয় কন্‌ট্যাক্টারের সাহায্যে একটি নির্দিষ্ট সময় পরে পরে একটু একটু করিয়া আর্মেচার-সারকিট হইতে বাদ পড়ে। এই কাজ গাড়ীর চালকের নিয়ন্ত্রণাধীনে থাকে না, ফলে মোটরের গতিবেগ সমানভাবে বৃদ্ধি পায়, আর হঠাৎ বেশী কারেণ্ট আর্মেচারে প্রবেশ করিয়া সারকিট-ব্রেকার খুলিয়া দিতে কিংবা অন্য কোন যন্ত্রপাতির ক্ষতি করিতে পারে না।

(৮) তড়িৎ-প্রবাহকে অপরিবর্তিত রাখিয়া নিয়ন্ত্রণ করা (The Constant-Current System)

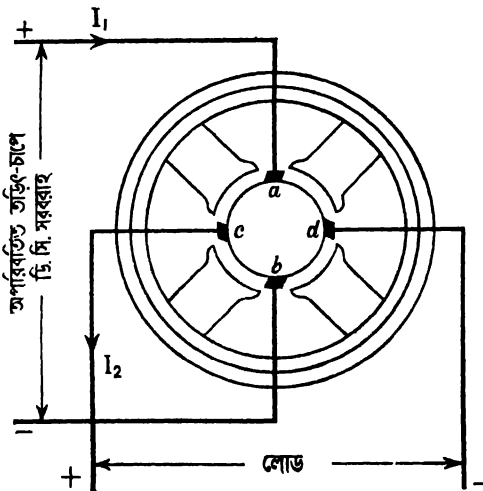
মাটি কাটা জাহাজ, খনন করার যন্ত্র (excavator), জাহাজের কাছি জড়াইবার যন্ত্র (capstan) বা চরকি কল (windlass) প্রভৃতি পরিচালনা করিতে অনেক সময় মোটরকে যখন একেবারে দাঁড় করানো অবস্থায় রাখিতে হয়, তখন তড়িৎ-প্রবাহকে অপরিবর্তিত রাখিয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ করিলে ভাল ফল পাওয়া যায়। এই কাজের জন্য এমন একটি জেনারেটার ব্যবহার করা হয় যাহা লোড কম-বেশী হইলেও সর্বদা একই কারেণ্ট সরবরাহ করিতে পারে। জেনারেটারের ফীল্ডে একটি বিশেষ ধরনের এক্সাইটারের (এক্সাইটার সাধারণতঃ একটি ছোট ডি. সি. সাণ্ট জেনারেটার। ইহা অন্য জেনারেটারের ফীল্ডে কারেণ্ট সরবরাহ করে।) সাহায্যে উত্তেজন দেওয়া হয়। লোডের পরিমাণ কমিলে জেনারেটারের ভোল্টেজ কমে, আর লোডের পরিমাণ বাড়িলে জেনারেটারের ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায় ; কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহ কোন অবস্থাতেই কম-বেশী

হয় না। মোটরের সংযোগ সরবরাহ লাইনের সহিত যেভাবে থাকে, তাহা ১৪৪(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই চিত্রে R-দ্বারা চিহ্নিত একটি রেজিস্ট্যান্সের প্যার্‍্যালেলে

তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ অপরিবর্তিত রাখিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ
১৪৪(ক)নং চিত্র

মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ
১৪৪(খ)নং চিত্র

"ট্যাপিং" (tappings) যুক্ত যে আর একটি রেজিস্ট্যান্স দেখানো হইয়াছে, ইংরাজিতে তাহাকে "পোটেন্‌শ্যাল ডিভাইডার" (potential divider) বলে। মোটরের ফীল্ড এই পোটেন্‌শ্যাল ডিভাইডার হইতেই উত্তেজন পায় বলিয়া প্রয়োজনমত ফীল্ডের ভোল্টেজ কম বা বেশী করা চলে, কিংবা ফীল্ড-কারেণ্টের অভিমুখ বিপরীত করা যায়। তাহা ছাড়া মোটরের সঙ্গে একই শাফ্‌টের উপর আর একটি নিয়ন্ত্রণকারী মেসিনও বসানো থাকে। এই মেসিন ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে এমনভাবে যোগ করা থাকে যাহাতে উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহকে বাধা দিতে পারে। মোটরের গতিবেগ যখন কমিয়া যায়, তখন নিয়ন্ত্রণকারী মেসিনের আর্মেচারেও কম তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়; ফলে মোটরের ফীল্ড দিয়া বেশী কারেণ্ট

প্রবাহিত হইয়া ঘূর্ণকের পরিমাণ বৃদ্ধি করে। তাই মোটরের গতিবেগ যখন সর্বাপেক্ষা কম থাকে, তখনই উহার আর্মেচারে সর্বাপেক্ষা বেশী ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়। কিন্তু কারেণ্টের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া ইহাতে মোটরের কোন ক্ষতি হয় না। গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ এই নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় পাওয়া যায়, তাহা ১৪৪(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। উপরে যে-সকল কাজের কথা বলা হইয়াছে, মোটরের এইরূপ বিশিষ্টতা সেই সকল কাজের পক্ষে বিশেষভাবে উপযোগী। যেহেতু তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ লোডের উপর নির্ভরশীল নহে, অতএব প্রয়োজন হইলে এই পদ্ধতিতে একাধিক মোটরকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়াও পরিচালনা করা যায়। ইহাতে যন্ত্রপাতি আর তারের জন্য যে খরচ হয়, তাহা অনেক কম করা চলে। মোটরকে বিশ্রাম দেওয়ার সময় চিত্রে S-দ্বারা চিহ্নিত দুইটি বন্ধ করিয়া দুই প্রান্তের মধ্যে সর্ট-সারকিট করিয়া দিলেই মোটরটি থামিয়া যায়।

(৯) মেট্যাডাইন নিয়ন্ত্রণ (Metadyne Control)

তড়িৎ-প্রবাহকে অপরিবর্তিত রাখিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করার আর এক উপায় "মেট্যাডাইন নিয়ন্ত্রণ" পদ্ধতি। এই পদ্ধতি যিনি প্রথম আবিষ্কার করেন তিনি পেস্তারিনি নামে ইটালিবাসী একজন ইঞ্জিনীয়ার। সাধারণভাবে মেট্যাডাইন নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় একটি মেট্যাডাইন কনভার্টার (metadyne converter) ব্যবহার করা হয়। এই কনভার্টার দুই পোলের একটি ডি. সি. আর্মেচার, দুই জোড়া ব্রাশ

একটি সাধারণ মেট্যাডাইন কনভার্টার
১৪৫নং চিত্র

আর চার পোলের একটি ফীল্ড লইয়া গঠিত (১৩৫ নং চিত্র)। যে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ অপরিবর্তিত থাকে, সেইরূপ একটি ডি. সি. লাইনের সহিত *a* আর *b*-দ্বারা চিহ্নিত একজোড়া ব্রাশ সংযুক্ত করা হয়। *c* আর *d*-দ্বারা চিহ্নিত ব্রাশের যে অন্য

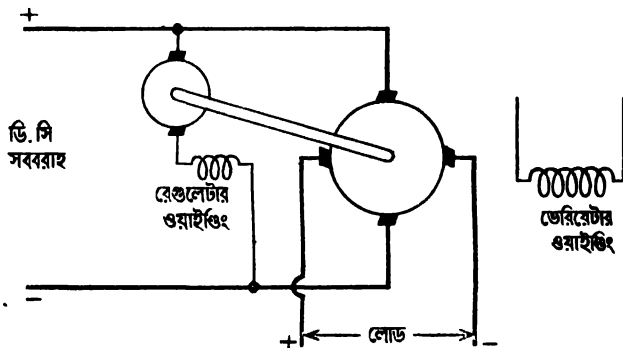
জোড়াটি লোডের সহিত সংযুক্ত থাকে, তাহারা কারেন্টের পরিমাণ সমান রাখিয়া লোড-সারকিটে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। সাধারণতঃ লোড হিসাবে এই নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় একটি সিরিজ মোটরকেই ব্যবহার করা হয়।

এখন মনে কর, কনভার্টার মেসিনটি উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরিতেছে। এই সময় ডি. সি. সরবরাহ হইতে I_1-দ্বারা চিহ্নিত তড়িৎ-প্রবাহ a আর b ব্রাশ দুইটির সাহায্যে আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইবে। ইহাতে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার দরুন যে চুম্বক বলরেখার (ϕ_1) সৃষ্টি হইবে, ফীল্ডের চুম্বকগুলির অবস্থানের জন্য তাহা নির্দিষ্ট রাস্তা দিয়া অগ্রসর হওয়ার সময় খুব সামান্যই বাধা পাইবে। আর্মেচার ঘুরিতে থাকায় উহার পরিবাহীসমূহ এই বলরেখা ছেদ করিবে, ফলে c আর d ব্রাশ দুইটির মধ্যে E_2 পরিমাণ তড়িৎ-চাপ পাওয়া যাইবে। এই তড়িৎ-চাপ যখন লোড-সারকিটে অর্থাৎ সিরিজ মোটরে I_2 পরিমাণ কারেন্ট পাঠাইবে, তখন সেই কারেন্ট আবার ϕ_1-এর সহিত লম্বভাবে অবস্থিত ϕ_2 সংখ্যক বলরেখা উৎপন্ন করিবে। ϕ_2-কে ছেদ করার সময় আর্মেচারের পরিবাহীতে এক বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ (E_1) আবিষ্ট হইবে, আর তাহা a আর b ব্রাশ দুইটির মধ্যে থাকিয়া সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজকে বাধা দিতে থাকিবে। কিন্তু সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ অপরিবর্তিত থাকায় কনভার্টারের মধ্যে এই সকল কাজ ও তাহার প্রতিক্রিয়া এমনভাবে দেখা দিবে যে, তাহা এই বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের পরিমাণকেও সর্বদা সমান রাখিবে। আবার বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ লোড-সারকিটের কারেন্ট দ্বারা উৎপন্ন হয় বলিয়া একই সঙ্গে সেই কারেন্টের পরিমাণও সর্বদা অপরিবর্তিত থাকিবে।

এইভাবে মেট্যাডাইন কনভার্টার অপরিবর্তিত তড়িৎ-চাপের লাইন হইতে বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ করিয়া সেই শক্তিকে পরিবর্তনশীল তড়িৎ-চাপে লোড-সারকিটে সরবরাহ করে, আর সরবরাহ করার সময় তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ সর্বদা সমান রাখে। সুতরাং a আর b ব্রাশ দুইটির দিকে কনভার্টারটি মোটর হিসাবে চলিয়া সমান ভোল্টেজে সরবরাহ লাইন হইতে প্রয়োজনমত কম বা বেশী কারেন্ট গ্রহণ করে; আব c আর d ব্রাশ দুইটির দিকে উহা জেনারেটার হিসাবে চলিয়া লোড-সারকিটে কম বা বেশী ভোল্টেজে সর্বদা একই কারেন্ট সরবরাহ করে।

উপরে যে ধরনের কনভার্টারের কথা বলা হইল, তাহার চুম্বকের গায়ে কোন কয়েল জড়ানো থাকে না। এই অবস্থায় কনভার্টার কেবলমাত্র একটি নির্দিষ্ট কারেন্ট সিরিজ মোটরে সরবরাহ করিতে পারে। মোটরের তড়িৎ-প্রবাহ কম বা বেশী করিতে হইলে ফীল্ডের চুম্বকের জন্য এক বিশেষ ধরনের কয়েল ব্যবহার করিতে হয়। ইংরাজিতে এই কয়েল "ভেরিয়েটার ওয়াইণ্ডিং" (variator winding) নামে পরিচিত। এই ওয়াইণ্ডিং দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে যে বলরেখা উৎপন্ন হয়, তাহা ϕ_2-এর সহিত একই দিকে কাজ করে। কিন্তু বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপকে সমান রাখিতে হইলে উভয় রেখাপ্রবাহের যোগফল সর্বদা সমান থাকা দরকার। তাই ফীল্ড-কয়েল যত বেশী বলরেখা উৎপন্ন করে, ϕ_2 তত কমে, আর সেই সঙ্গে মোটরের

কারেন্টও কমিতে থাকে। ভেরিয়েটারের মধ্য দিয়া বিপরীত দিকে কারেন্ট পাঠাইলে তখন কিন্তু উহার বলরেখা ϕ_2-কে বাধা দেয়। ইহাতে রেখাপ্রবাহের পরিমাণ সমান রাখিবার জন্য ϕ_2 বৃদ্ধি পায়, আর মোটর দিয়া তখন বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

লোড-সারকিটের কারেন্ট যখন বৃদ্ধি পায়, তখন তড়িৎ-চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে কনভার্টার অধিক পরিমাণে বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করিতে থাকে। সেইজন্য কনভার্টারে আর একটি অতিরিক্ত ওয়াইণ্ডিং ব্যবহার করিতে হয় যাহা "রেগুলেটার ওয়াইণ্ডিং" (regulator winding) নামে পরিচিত। রেগুলেটার ওয়াইণ্ডিং a আর b ব্রাশ দুইটির অক্ষরেখা বরাবর যে-সকল চুম্বক বলরেখা অবস্থান করে তাহাদের নিয়ন্ত্রণ করিয়া ঐ দুই ব্রাশের মধ্যবর্তী বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপকে কমায়; ফলে সরবরাহ লাইন হইতে কারেন্ট অধিক পরিমাণে কনভার্টারে প্রবেশ করে। কিন্তু ইহাতে কনভার্টারের গতিবেগ বৃদ্ধি পায় না। একটি সাণ্ট মেসিন হইতে রেগুলেটার ওয়াইণ্ডিংয়ে প্রয়োজনীয় কারেন্ট সরবরাহ করা হয়, আর ঐ সাণ্ট মেসিন কনভার্টারের সঙ্গে একই শাফ্‌টের উপর বসানো থাকে (১৪৬নং চিত্র)। মেট্যাডাইনের গতিবেগ

মেট্যাডাইন পদ্ধতিতে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করার জন্য বিভিন্ন মেসিনের সংযোগ

১৪৬ নং চিত্র

কম-বেশী হইলে সাণ্ট মেসিনের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপও কম-বেশী হয়; আর এই চাপ লাইন-ভোল্টেজের বিপরীত দিকে কাজ করে বলিয়া রেগুলেটার ওয়াইণ্ডিংয়েও কারেন্ট তখন কম-বেশী হইতে থাকে।

ভেরিয়েটার ওয়াইণ্ডিংয়ে কারেন্ট সরবরাহ করিবার জন্য প্রধান শাফ্‌টের উপরেই একটি এক্সাইটার বসানো থাকে। কম্যুটেশনের কাজ যাহাতে ভালভাবে চলিতে পারে সেইজন্য এক্সাইটারে বিশেষ ধরনের ইন্‌টারপোল ব্যবহার করিতে দেখা যায়, আর মেসিন বড় হইলে উহা সাধারণতঃ বহুপোল বিশিষ্ট হয়।

সিরিজ মোটর মেট্যাডাইনের লোড হিসাবে ব্যবহৃত হইলে ভেরিয়েটার ওয়াইণ্ডিংয়ের তড়িৎ-প্রবাহ কম-বেশী করিয়াই মোটরকে সম্পূর্ণরূপে নিয়ন্ত্রণ করা চলে।

তাই মোটর চালু করার সময় অতিরিক্ত কোন রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করিতে হয় না, ফলে শক্তির অপচয় অনেক কম হয়। নিয়ন্ত্রণের এই পদ্ধতি ক্রেন, লিফ্‌ট, জাহাজের পাটাতনের উপর বসানো 'উয়িঞ্চ' (deck winches), বৈদ্যুতিক ট্রেন প্রভৃতি পরিচালনা করার পক্ষে অতিশয় উপযোগী। তবে অনেকগুলি মেসিন ব্যবহার করিতে হয় বলিয়া সিরিজ-প্যার‍্যালেল নিয়ন্ত্রণ কিংবা ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতি অপেক্ষা ইহাতে খরচ অনেক বেশী পড়ে।

উদাহরণ ৬-২৯। একটি সান্ট মোটরের আর্মেচার ২৪০ ভোল্টের সরবরাহ লাইন্ হইতে ১১ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ১৪৫০ পাক ঘোরে। আর্মেচার ও ব্রাশের সমবেত রোধ ০·৬ ওম। যদি আর্মেচারের তড়িৎ-প্রবাহকে অপরিবর্তিত রাখিয়া মোটরের আবর্তনের সংখ্যা প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক করিতে হয়, তবে আর্মেচারের সহিত কত ওম রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যোগ করিতে হইবে, আর ঐ রেজিস্ট্যান্সে কি পরিমাণ তড়িৎ-শক্তির অপচয় ঘটিবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে V = ২৪০ ভোল্ট,

I_a = ১১ অ্যাম্পিয়ার,

N_1 = প্রতি মিনিটে ১৪৫০ পাক,

N_2 = প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক, আর

R_{a_1} = ০·৬ ওম।

$$E_{b_1} = V - I_a R_{a_1} = ২৪০ - ১১ \times ০·৬$$

$$= ২৩৩·৪ \text{ ভোল্ট।}$$

চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা (অর্থাৎ ϕ) সর্বদা সমান থাকে এইরূপ ধরিয়া লইলে

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{E_{b_1}}{E_{b_2}}$$

হইবে

$$\therefore \quad E_{b_2} = \frac{E_{b1} \times N_2}{N_1} = \frac{২৩৩·৪ \times ১০০০}{১৪৫০}$$

$$= ১৬১ \text{ ভোল্ট।}$$

কিন্তু $E_{b_2} = V - I_a R_{a_2}$,

$$\therefore \quad R_{a_2} = \frac{V - E_{b2}}{I_a} = \frac{২৪০ - ১৬১}{১১}$$

$$= ৭·১৮ \text{ ওম।}$$

অতএব আর্মেচারের সহিত সিরিজে যে রেজিস্ট্যান্স যোগ করিতে হইবে, তাহার মান যদি R ধরা যায়, তবে

$$R = R_{a_2} - R_{a_1} = ৭·১৮ - ০·৬$$

$$= \underline{৬·৫৮ \text{ ওম}}।$$

সিরিজে যোগ করার জন্য ঐ রেজিস্ট্যান্সে

$$\text{শক্তির অপচয়} = I_a^2 R = (১১)^2 \times ৬.৫৮$$

$$= ৭৯৬ \text{ ওয়াট।}$$

উদাহরণ ৬.৩০। একটি ৪৫০-ভোল্ট, ২০-অশ্বশক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন সান্ট মোটরের ফীল্ড দিয়া সর্বদা ২ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়। মেসিনের কর্ম-ক্ষমতা ৮৫% এবং আর্মেচারের রোধ ০.২৫ ওম। যদি মোটরের ঘূর্ণক সর্বদা সমান থাকে, তবে আর্মেচারের সহিত কত ওম রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যোগ করিলে উহার গতিবেগ শতকরা ২৫ ভাগ হ্রাস পাইবে ?

এখানে $V = ৪৫০$ ভোল্ট,

মোটরের আউটপুট = ২০ অশ্ব-শক্তি,

$I_{sh} = ২$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_{a_1} = ০.২৫$ ওম,

মেসিনের কর্ম-ক্ষমতা = ৮৫%, আর

$N_2 = \frac{৭৫}{১০০} N_1 = ০.৭৫ N_1$ (অর্থাৎ N_1 অপেক্ষা N_2 শতকরা ২৫ ভাগ কম)।

মোটরের আউটপুট = ২০ অশ্ব-শক্তি = ২০ × ৭৪৬ ওয়াট,

$\therefore$ মোটরের ইনপুট $= \frac{২০ \times ৭৪৬ \times ১০০}{৮৫} = ১৭৫৬০$ ওয়াট।

অতএব $V \times I_l = ১৭৫৬০$,

$$\therefore \quad I_l = \frac{১৭৫৬০}{V} = \frac{১৭৫৬০}{৪৫০}$$

$$= ৩৯ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_l - I_{sh} = ৩৯ - ২$$

$$= ৩৭ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

যেহেতু ফীল্ডের কারেণ্ট সর্বদা সমান থাকে, অতএব ϕ অপরিবর্তিত থাকিবে। আবার মোটরের ঘূর্ণক ϕ আর I_a উভয়ের গুণফলের সমানুপাতি বলিয়া ঘূর্ণক সমান থাকিলে আর্মেচার দিয়া সর্বদা একই কারেণ্ট প্রবাহিত হইবে।

এখন, $E_{b_1} = V - I_a R_{a_1} = ৪৫০ - ৩৭ \times ০.২৫$

$$= ৪৪০.৭৫ \text{ ভোল্ট}$$

আবার $\frac{N_1}{N_2} = \frac{E_{b_1}}{E_{b_2}}$,

$$\therefore \quad E_{b_2} = \frac{E_{b_1} N_2}{N_1} = \frac{E_{b_1} \times ০.৭৫ N_1}{N_1}$$

$$= ৪৪০.৭৫ \times ০.৭৫$$

$$= ৩৩০.৫৭ \text{ ভোল্ট।}$$

$$E_{b_2} = V - I_a R_{a_2},$$

$$\therefore \quad R_{a_2} = \frac{V - E_{b_2}}{I_a} = \frac{৪৫০ - ৩৩০\ ৫৭}{৩৭}$$

$$= ৩\cdot২২ \text{ ওম।}$$

সুতরাং আর্মেচারের সহিত সিরিজে যুক্ত অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্স

$$R = R_{a_2} - R_{a_1} = ৩\ ২২ - ০\ ২৫$$

$$= \underline{২\cdot৯৭ \text{ ওম}}\text{।}$$

উদাহরণ ৬ ৩১। একটি ডি সি সাণ্ট মোটর ২২০-ভোল্ট সরবরাহ হইতে ২৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোরে। আর্মেচারের রোধ ০ ১ ওম এবং সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ১০০ ওম। যখন আর্মেচারের সহিত সিরিজে ৫ ওমের একটি রেজিস্ট্যান্স আর ফীল্ডের সহিত সিরিজে ৫০ ওমের একটি রেজিস্ট্যান্স যোগ করা হয়, তখন ঘূর্ণকের পরিমাণ অর্ধেক হইয়া দাঁড়ায়। এই অবস্থায় মোটরের গতিবেগ কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা ফীল্ড-কারেন্টের সমানুপাতি বলিয়া ধরিয়া লও।

এখানে $V = ২২০$ ভোল্ট,

$I_{l1} = ২৫$ অ্যাম্পিয়ার,

$N_1 =$ প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক,

$R_{a1} = ০\cdot১$ ওম,

$R_{sh1} = ১০০$ ওম,

$R_{a2} = ০\ ১ + ৫\cdot০ = ৫\ ১$ ওম,

$R_{sh2} = ১০০ + ৫০ = ১৫০$ ওম, আর

$T_1 = ২T_2$।

$$I_{sh1} = \frac{V}{R_{sh1}} = \frac{২২০}{১০০} = ২\cdot২ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$I_{a1} = I_{l1} - I_{sh1} = ২৫ - ২\cdot২ = ২২\ ৮ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$E_{b1} = V - I_{a1} R_{a1} = ২২০ - ২২\ ৮ \times ০\cdot১$$

$$= ২১৭\ ৭২ \text{ ভোল্ট।}$$

যখন ঘূর্ণকের পরিমাণ অর্ধেক হইয়া দাঁড়ায়, তখন

$$I_{sh2} = \frac{V}{R_{sh2}} = \frac{২২০}{১৫০} = ১\ ৪৭ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

এখন $T \propto I_a \phi$।

কিন্তু এই উদাহরণে $\phi \propto I_{sh}$,

$\therefore \quad T \propto I_a I_{sh}$ ।

অতএব $\dfrac{T_1}{T_2} = \dfrac{I_{a1} I_{sh1}}{I_{a2} I_{sh2}} = ২$।

$$\therefore \quad I_{a2} = \frac{I_{a1}\ I_{sh1}}{২I_{sh2}} = \frac{২২\cdot৮ \times ২\cdot২}{২ \times ১\cdot৪৭}$$

= ১৭·১ অ্যাম্পিয়ার।

$$E_{b2} = V - I_{a2}\ R_{a2} = ২২০ - ১৭\cdot১ \times ৫\cdot১$$

= ১৩২·৭৯ ভোল্ট।

আবার $E \propto N\phi$,

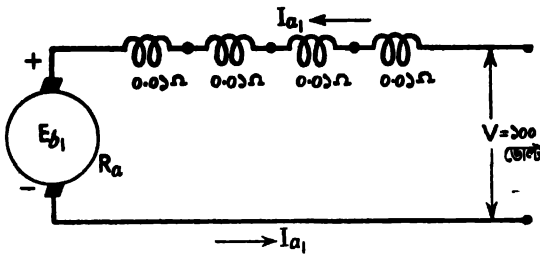
$\therefore\ E_b \propto NI_{sh}$ ।

অতএব $\dfrac{E_{b1}}{E_{b2}} = \dfrac{N_1 I_{sh1}}{N_2 I_{sh2}}$,

$$\therefore \quad N_2 = \frac{E_{b2} \times N_1 \times I_{sh1}}{E_{b1} \times I_{sh2}} = \frac{১৩২\cdot৭৯ \times ১০০০ \times ২\cdot২}{২১৭\cdot৭২ \times ১\cdot৪৭}$$

= ৯১২ পাক,

অর্থাৎ মোটরের গতিবেগ প্রতি মিনিটে ৯১২ পাক হইবে।

উদাহরণ ৬-৩২। একটি সিরিজ মোটর ১০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত আছে। আর্মেচারের রোধ ০·১ ওম এবং চারিটি ফীল্ড-কয়েলের প্রত্যেকটির রোধ ০·০১ ওম। যখন সবকয়টি ফীল্ড-কয়েল সিরিজে থাকে, তখন মোটর সরবরাহ লাইন হইতে ৪০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ২০০ পাক ঘোরে। যদি ফীল্ড-কয়েলগুলি সমান দুই অংশে বিভক্ত হইয়া প্যারালেলে সংযুক্ত হয়, আর প্রতি অংশে দুইটি দুইটি কয়েল পরস্পরের সহিত সিরিজে থাকে [১৪৭ (খ) নং চিত্র], তবে ঘূর্ণকের পরিমাণ দ্বিগুণ হইলে মোটরের গতিবেগ কত হইবে? চুম্বক-ক্ষেত্র অসংপৃক্ত আছে এইরূপ ধরিয়া লও।

১৪৭(ক)নং চিত্র

এখানে V = ১০০ ভোল্ট,

R_a = ০·১ ওম,

I_{a1} = ৪০ অ্যাম্পিয়ার,

N_1 = প্রতি মিনিটে ২০০ পাক, আর

$T_1 = \dfrac{T_2}{২}$ ।

যখন সবকয়টি ফীল্ড-কয়েল সিরিজে থাকে, তখন

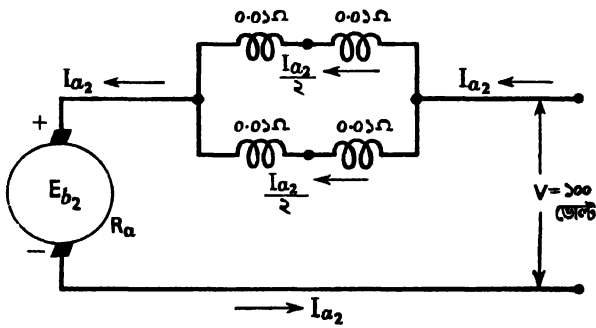
$$R_{se1} = ০.০১ \times ৪ = ০.০৪ \text{ ওম},$$

$$E = V - I_{a1}(R_a + R_{se1}) = ১০০ - ৪০(০.১ + ০.০৪)$$

$$= ১০০ - ৪০ \times ০.১৪$$

$$= ৯৪.৪ \text{ ভোল্ট।}$$

যখন ফীল্ড-কয়েলগুলি সিরিজ-প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত থাকে, তখন

$$R_{se2} = \frac{০.০১ \times ২}{২} = ০.০১ \text{ ওম।}$$

১৪৭(খ)নং চিত্র

চুম্বক-ক্ষেত্র অসংপৃক্ত (Unsaturated) থাকায় $\phi \propto$ ফীল্ড-কারেণ্ট।

$$\therefore \quad \phi_1 \propto I_{a1}, \text{ আর } \phi_2 \propto \frac{I_{a2}}{২}\text{।}$$

$$\text{অতএব} \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{I_{a1}\,\phi_1}{I_{a2}\,\phi_2} = \frac{I_{a1} \times I_{a1}}{I_{a2} \times \frac{I_{a2}}{২}}$$

$$= \frac{I_{a1}^{২} \times ২}{I_{a2}^{২}}$$

$$\therefore \quad I_{a2}^{২} = \frac{T_2 \times ২ I_{a1}^{২}}{T_1} = \frac{T_2 \times ২ \times ৪০^{২}}{\frac{T_2}{২}}$$

$$= ৬৪০০\text{।}$$

$$\therefore \quad I_{a2} = \sqrt{৬৪০০} = ৮০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\text{এবং} \quad E_{b2} = V - I_{a2}(R_a + R_{se2})$$

$$= ১০০ - ৮০(০.১ + ০.০১)$$

$$= ৯১.২ \text{ ভোল্ট।}$$

এখন $\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{N_1 \phi_1}{N_2 \phi_2} = \frac{N_1 I_{a1}}{N_2 \frac{I_{a2}}{২}}$,

অতএব $N_2 = \frac{E_{b2} N_1 I_{a1}}{E_{b1} \frac{I_{a2}}{২}} = \frac{৯১\text{'}২ \times ২০০ \times ৪০}{৯৪\text{'}৪ \times \frac{৮০}{২}}$

$= \text{১৯৩ পাক,}$

অর্থাৎ মোটর প্রতি মিনিটে ১৯৩ পাক ঘুরিবে।

৬-১৫। বৈদ্যুতিক উপায়ে ডি. সি. মোটরের গতিরোধ করা (Electric Braking of D. C. Motors)

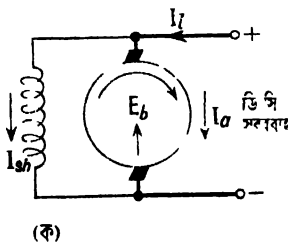
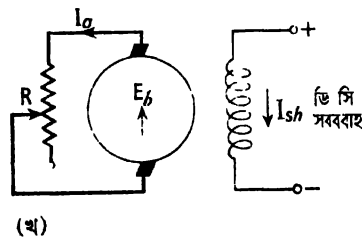
একটি চালু মোটরের গতিরোধ করিতে হইলে যান্ত্রিক উপায় অবলম্বন করিয়া তাহা করা যায়, আবার বৈদ্যুতিক উপায়েও তাহা করা চলে। বৈদ্যুতিক পদ্ধতি তিন রকমের হয়। যথা—

(১) রীয়স্ট্যাটিক ব্রেকিং,

(২) প্লাগিং, অর্থাৎ ঘূর্ণকের অভিমুখ বিপরীত করিয়া দেওয়া যাহাতে আর্মেচার উল্টা দিকে ঘুরিতে চেষ্টা করে, আর

(৩) রিজেনারেটিভ ব্রেকিং।

এই সকল পদ্ধতি সাণ্ট এবং সিরিজ উভয় প্রকার মোটরের ক্ষেত্রেই প্রয়োগ করা চলে। তবে কেবলমাত্র বৈদ্যুতিক উপায় অবলম্বন করিয়া মোটরকে পুরাপুরি দাঁড় করানো যায় না। বৈদ্যুতিক ব্রেকিং প্রয়োগ করার পরে মোটরের আবর্তনের সংখ্যা যখন খুবই কম হইয়া দাঁড়ায়, তখন আর্মেচারকে একেবারে স্থির অবস্থায় আনিবার জন্য সবশেষে অবশ্যই যান্ত্রিক ব্রেক ব্যবহার করিতে হয়।

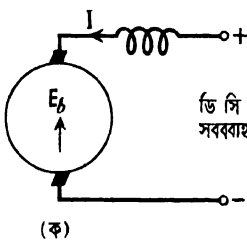
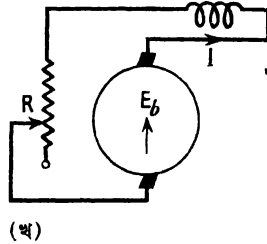
(১) রীয়স্ট্যাটিক ব্রেকিং বা ডাইনামিক ব্রেকিং (Rheostatic Braking or Dynamic Braking)

মোটরের সাধারণভাবে চলা মোটরে রীয়স্ট্যাটিক ব্রেকিং প্রয়োগ করা

১৪৮নং চিত্র

এই পদ্ধতি সাণ্ট মোটরে প্রয়োগ করিবার সময় আর্মেচার এবং ফীল্ডের সংযোগ যেভাবে থাকে, তাহা ১৪৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। প্রথমে আর্মেচারে বিদ্যুৎ

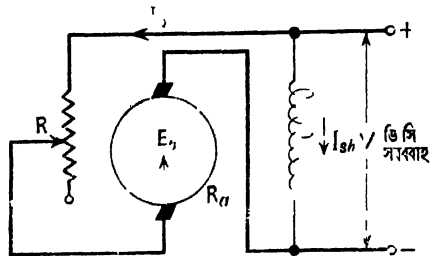
সরবরাহ বন্ধ করিয়া দিয়া উহার সহিত সিরিজে একটি পরিবর্তনশীল রোধক (চিত্রে R-দ্বারা চিহ্নিত) যোগ করিতে হয়। মোটরের ফীল্ড কিন্তু সরবরাহ লাইনের সহিতই যুক্ত থাকে। পরে এই পরিবর্তনশীল রোধকের মান কম-বেশী করিলে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রিত হয়।

সিরিজ মোটরে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করিবার সময় ১৪৯নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইভাবে আর্মেচার এবং ফীল্ডকে সংযুক্ত করিতে হয়। সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ যখন ছিন্ন হয়, তখন উহার সহিত সিরিজে একটি পরিবর্তনশীল রোধক যোগ করিয়া ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হয়। এই সময় মোটরটি একটি সিরিজ জেনারেটার হিসাবে চলিতে থাকে। ফীল্ডের সংযোগ উল্টা হওয়ার ফলে তখন ফীল্ড দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহা চুম্বক-ক্ষেত্রের অবশেষ-চুম্বকত্বকে (residual magnetism) সহায়তা করে। মোটর চালু করার সময় যে

মোটরের সাধারণভাবে চলা মোটরে ডাইন্যামিক ব্রেকিং প্রয়োগ করা

১৪৯নং চিত্র

রেজিস্ট্যান্সটি সিরিজে ব্যবহার করা হয়, গতিরোধ করিতে সেই রেজিস্ট্যান্সকেই ব্যবহার করা চলে। সাণ্ট মোটরের ন্যায় ইহাতেও গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিবার জন্য রেজিস্ট্যান্সকে কম-বেশী করিতে হয়।

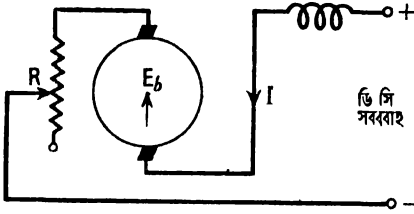
(২) প্লাগিং (Plugging)

সাণ্ট মোটরে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করিবার সময় মেসিনের সংযোগ ১৫০নং চিত্রের অনুরূপ থাকে। আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়া হয় যাহাতে উহা বিপরীত দিকে ঘুরিতে চেষ্টা করে। এই সময় আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আর সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ উভয়ের অভিমুখ একই দিকে হওয়াতে তড়িৎ-প্রবাহ যাহাতে খুব বেশী বৃদ্ধি না পায় সেইজন্য আর্মেচারের সহিত সিরিজে একটি পরিবর্তনশীল রোধক যোগ করিতে হয়। যদি লাইন-ভোল্টেজ V,

সাণ্ট মোটরে প্লাগিংয়ের সাহায্যে ব্রেক প্রয়োগ করা

১৫০নং চিত্র

বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ E_b, আর্মেচারের রোধ R_a আর পরিবর্তনশীল রোধকের মান R হয়, তবে আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেণ্ট

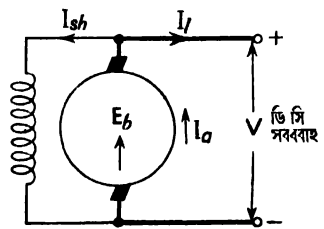
$$I_a = \frac{V+E_b}{R_a+R} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। R-এর মান এমন রাখা হয় যাহাতে আর্মেচার দিয়া প্রয়োজনীয় কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে পারে।

সিরিজ মোটরে প্লাগিং প্রয়োগ করিবার সময় মেসিনের সংযোগ ১৫১নং চিত্রের অনুরূপ থাকে। সাণ্ট মোটরের ন্যায় ইহাতেও আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হয়।

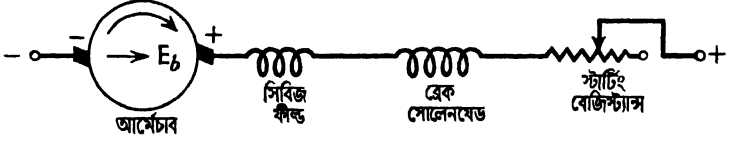
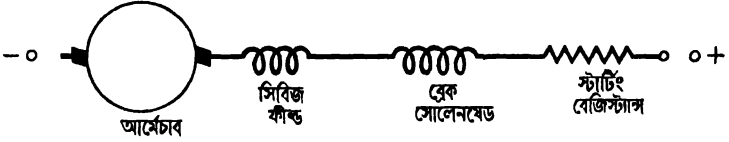
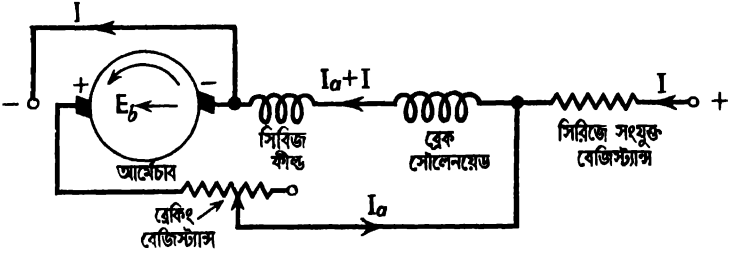
সিরিজ মোটরে প্লাগিংয়ের সাহায্যে ব্রেক প্রয়োগ করা
১৫১নং চিত্র

মোটরের গতিরোধ করার পক্ষে ষ্টীয়স্ট্যাটিক ব্রেকিংয়ের তুলনায় প্লাগিং অনেক বেশী কার্যকর। তবে এই পদ্ধতি ব্যবহার করিবার সময় সরবরাহ লাইন হইতে কারেণ্ট অনবরত মোটর দিয়া প্রবাহিত হয় বলিয়া শক্তির অপচয় ঘটিতে থাকে।

(৩) রিজেনারেটিভ ব্রেকিং (Regenerative Braking)

যখন আর্মেচারের সহিত সংযুক্ত লোড কোন মোটরকে উহার নির্দিষ্ট গতিবেগ অপেক্ষা বেশী জোরে ঘুরায় (যেমন ক্রেনের সাহায্যে মাল নামানো), কেবলমাত্র তখনই মোটরে রিজেনারেটিভ ব্রেকিং প্রয়োগ করা চলে। এই অবস্থায় আর্মেচারের বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ (E_b) সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ (V) অপেক্ষা বড় হয় বলিয়া আর্মেচার দিয়া কারেণ্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতে থাকে, অর্থাৎ মোটরের আর্মেচার হইতে কারেণ্ট তখন সরবরাহ লাইনের দিকে যায়। সাণ্ট ফীল্ড দিয়া কারেণ্ট কিন্তু সর্বদা একই দিকে প্রবাহিত হয় (১৫২নং চিত্র)। ফলে আর্মেচারের ঘূর্ণক বিপরীত দিকে কাজ করে, আর V অপেক্ষা E_b কম না হওয়া পর্যন্ত মোটরের গতিবেগ ক্রমাগত হ্রাস পাইতে থাকে।

সাণ্ট মোটরে রিজেনারেটিভ ব্রেকিং প্রয়োগ
১৫২নং চিত্র

সিরিজ মোটরে কিন্তু এত সহজে রিজেনারেটিভ ব্রেকিং প্রয়োগ করা চলে না। কারণ সিরিজ মোটরের আর্মেচার দিয়া কারেণ্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইলে ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হইবার সময়েও উহা বিপরীতমুখী থাকে, ফলে E_b বিপরীতমুখী হইয়া

V-এর সহিত একই দিকে কাজ করিতে আরম্ভ করে। তাই এই পদ্ধতি সিরিজ মোটরে প্রয়োগ করিবার সময় (যেমন বৈদ্যুতিক ট্রেন, ক্রেন প্রভৃতি পরিচালনা করা) বিশেষ ধরনের ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হয়।

১৫৩নং চিত্র

ক্রেন পরিচালনার জন্য ব্যবহৃত মোটরে অনেক সময় যে ধরনের স্থৈতিক স্ট্যাটিক ব্রেকিং প্রয়োগ করা হয়, তাহা ১৫৩ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই কাজে মোটরকে তিনটি বিভিন্ন অবস্থায় চালনা করা হয়। যথা—

(/০) উত্তোলন (Hoisting)—ক্রেনের সাহায্যে মাল উপরে তুলিবার সময় "ব্রেক সোলেনয়েড" (brake solenoid) উত্তেজন পায় বলিয়া ব্রেক খুলিয়া যায়। এই সময় মোটর চালু করিবার জন্য যে পরিবর্তনশীল রোধকটি ব্যবহার করিতে হয়, তাহার সাহায্যে আর্মেচারের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। ইহা ১৫৩(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

(৵০) স্থিতাবস্থা (Holding Position)—সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ এই সময় ছিন্ন হইয়া যায়। ইহা ১৫৩(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

(৶০) অবনমন (Lowering)—মাল নীচের দিকে নামাইবার সময় লোড আর্মেচারকে উল্টাদিকে ঘুরায়। ফলে মোটরটি জেনারেটার হিসাবে চলিতে থাকে,

আর উহার আর্মেচারে তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন হয়। সিরিজ ফীল্ড কিন্তু স্থায়িভাবে সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত থাকে। সেইজন্য ফীল্ড দিয়া তখন আর্মেচার-কারেন্ট আর সরবরাহ লাইনের কারেন্ট একত্র হইয়া প্রবাহিত হয়। "ব্রেকিং রেজিস্ট্যান্স" (braking resistance)-এর সাহায্যে এই সময় মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। ইহা ১৫৩ (গ) নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

উদাহরণ ৬-৩৩। একটি ২২০-ভোল্ট, ২০-অশ্বশক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন সান্ট মোটর পূরা লোডসহ চলিবার সময় ৮২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। আর্মেচারের রোধ ০·১ ওম এবং সান্ট ফীল্ডের রোধ ১১০ ওম। যদি আর্মেচারের তড়িৎ-প্রবাহ ১২০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী না হয়, তবে প্লাগিংয়ের সাহায্যে মোটরের গতিরোধ করিবার সময় আর্মেচারের সহিত সিরিজে কত ওমের রেজিস্ট্যান্স যোগ করিতে হইবে ?

এখানে V = ২২০ ভোল্ট,

I_l = ৮২ অ্যাম্পিয়ার,

R_a = ০·১ ওম,

R_{sh} = ১১০ ওম,

I_a = ১২০ অ্যাম্পিয়ার, আর

মোটরের ক্ষমতা = ২০ অশ্ব-শক্তি (ইহা এই উদাহরণের পক্ষে প্রয়োজনীয় নহে)।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২২০}{১১০} = ২·০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

পূরা লোডসহ চলিবার সময় আর্মেচারের কারেন্ট

$$I_{a1} = I_l - I_{sh} = ৮২ - ২ = ৮০·০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore \quad E_b = V - I_{a1} R_a = ২২০ - ৮০ \times ০·১$$

$$= ২১২ \text{ ভোল্ট।}$$

প্লাগিংয়ের সময় আর্মেচারের কারেন্ট

$$I_a = ১২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{আবার } I_a = \frac{V+E}{R_a+R},$$

$$\text{অথবা } R_a + R = \frac{V+E_b}{I_a},$$

$$\therefore \quad R = \frac{V+E_b}{I_a} - R_a$$

$$= \frac{২২০+২১২}{১২০} - ০·১$$

$$= ৩·৬ - ০·১$$

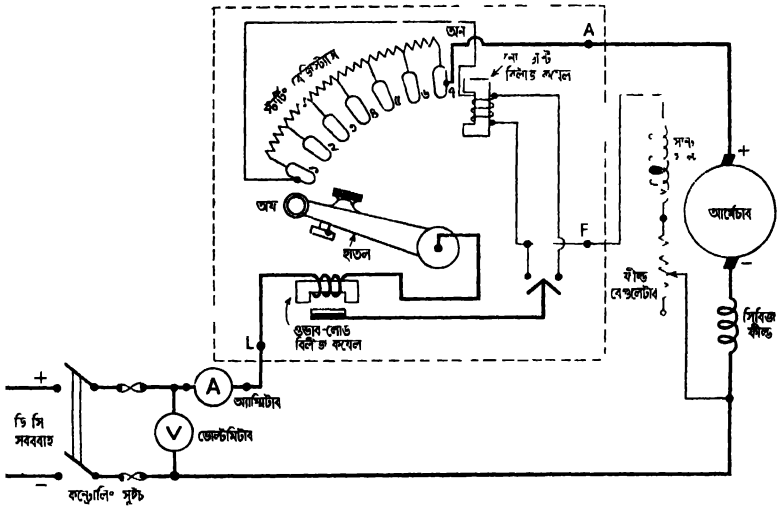
$$= ৩·৫ \text{ ওম,}$$

অর্থাৎ প্লাগিংয়ের সময় আর্মেচারের সহিত সিরিজে ৩·৫ ওম যোগ করিতে হইবে।

প্রশ্নমালা

১। ডি. সি. মোটর কয় প্রকার এবং কি কাজে ব্যবহার হয়? ইহাদের রেখাচিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

২। ডি. সি. মোটরে স্টার্টার কেন ব্যবহার হয়? কন্ট্রোলিং সুইচ, স্টার্টার, অ্যাম্মিটার ও ভোল্টমিটার সহকারে কম্পাউণ্ড মোটরের চিত্রাঙ্কন করিয়া দেখাও।

[কম্পাউণ্ড মোটরের সংযোগ নিম্নে ১৫৪নং চিত্রে দেখানো হইল। ইহাতে একটি তিন-প্রান্তওয়ালা স্টার্টারকে দেখানো হইয়াছে।]

১৫৪নং চিত্র

৩। সংক্ষিপ্তভাবে নিম্নলিখিতগুলির ব্যবহার বুঝাইয়া দাও:—

(গ) ডি সি মোটর স্টার্টারের নো-ভোল্ট কয়েল, (ঘ) ডি সি মোটর স্টার্টারের ওভার-লোড কয়েল।

৪। নিম্নলিখিত যন্ত্রগুলি চালাইবার জন্য কিরূপ D C. Motor ব্যবহার করিবে?—

(ক) লেদ মেসিন, (খ) ক্রেন (Crane), (গ) স্ট্যাম্পিং প্রেস (Stamping press)। এই সম্পর্কে প্রত্যেকটি বিষয় যুক্তি দ্বারা সম্যকরূপে বুঝাইয়া দাও।

৫। একটি মোটরের ডাইরেক্সান অফ রোটেশান কিভাবে পাল্টানো যাইতে পারে? উহার "লাইন টারামন্যাল্স" পাল্টানোর ফলাফল কি হবে?

যদি একটি কম্পাউণ্ড জেনারেটারের "ডাইরেক্সান অফ রোটেশান" পরিবর্তন না করিয়া মোটর হিসাবে চালাইতে হয়, তাহা হইলে উহার কি পরিবর্তন সাধন করিতে হইবে?

৬। বিভিন্ন প্রকারের ডি, সি, মোটরের নাম কর এবং তাহাদের কানেক্‌শন-ডায়াগ্রাম চিত্রের সাহায্যে দেখাও। এই মোটরগুলি কোথায় কোথায়, কি কি কাজে ব্যবহৃত হয়? ডি, সি, সিরিজ মোটর "লোড" ব্যতীত সাধারণত চালানো হয় না কেন?

৭। একটি ডি, সি, মোটরের স্পীড্ কণ্ট্রোল করিবার বিভিন্ন প্রক্রিয়া কি? কিভাবে একটি ডি, সি, সাণ্ট মোটরের স্পীড্—

(ক) নরম্যাল স্পীডের উপরে,

(খ) নরম্যাল স্পীডের নীচে

কণ্ট্রোল করা যাইতে পারে?

চিত্রের সাহায্যে ডায়াগ্রাম আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।

৮। সংক্ষিপ্ত বিবরণ লেখ—

(ঘ) থ্রি পয়েণ্ট স্টার্টার অপেক্ষা ফোর পয়েণ্ট স্টার্টারের সুবিধা কি কি;

(ঙ) ডি, সি, সারকিট ব্রেকারের ম্যাগনেটিক ব্লো-আউট।

৯। নিম্নলিখিত মেসিনগুলি চালাইতে গেলে কি প্রকারের ডি, সি, মোটর ব্যবহার করিবে, প্রত্যেকটি বিষয়ে কারণ দেখাইয়া উত্তর দাও :—

(ক) লেদ মেসিন।

(খ) ক্রেন।

(গ) রোলিং মিল।

১০। যদি ডি সি সাপ্লাই পাওয়া যায়, তবে নিম্নলিখিত মেসিনগুলি চালাইতে হইলে তুমি কি প্রকার মোটর মনোনীত করিবে কারণ সহ তাহা বর্ণনা কর :—

(ক) রোলিং মিল।

(খ) শীততাপ নিয়ন্ত্রিত মেসিনের জন্য কম্প্রেসার।

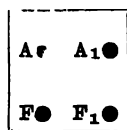
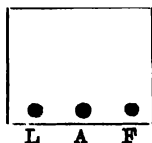
(গ) সুতাকাটা ও বয়ন করিবার যন্ত্রপাতি।

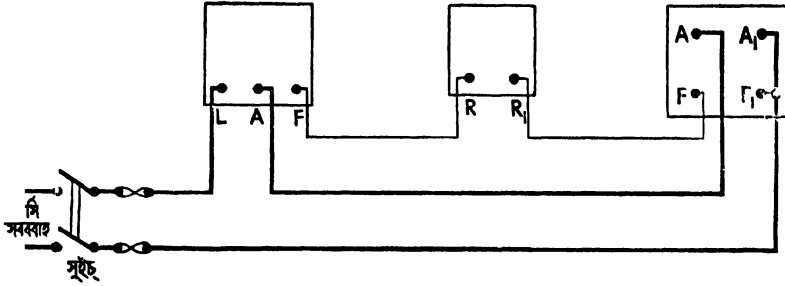
(ঘ) ঝুলান বৈদ্যুতিক পাখা।

(ঙ) সেণ্ট্রিফিউগ্যাল পাম্প।

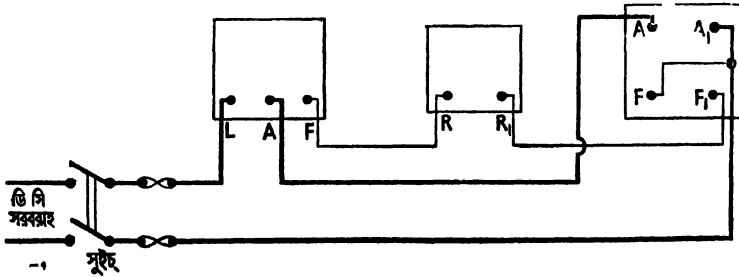
(চ) লিফ্‌ট্‌স্ এবং ক্রেনস্।

১১। (ক) ডি, সি, মোটর চালু করিতে স্টার্টারের প্রয়োজন হয় কেন সংক্ষেপে বুঝাইয়া দাও।

(খ) একটি ডি, সি, মোটর, ইহার স্টার্টার এবং speed regulator-এর কানেক্‌শন টার্মিনালগুলি নিম্নে চিত্রে দেখান হইল—

মোটরটি চালু করিতে এবং ইহার speed পরিবর্তন করিতে এই কানেক্‌শন টার্মিনালগুলি কিভাবে supply-এর সহিত সংযোগ করিবে একটি circuit নক্সার সাহায্যে দেখাইয়া দাও।

[সরবরাহ লাইনের সহিত মোটর, রেগুলেটার এবং স্টার্টারের সংযোগ নিম্নে ১৫৫(ক) নং চিত্রে দেখানো হইল।]

১৫৫ (ক) নং চিত্র

(গ) মোটরটি চালু করিবার পর যদি দেখা যায় যে ইহা ভুল দিকে ঘুরিতেছে তবে ইহার rotation উল্টাইবার জন্য কানেক্‌শনের কি পরিবর্তন করিতে হইবে দেখাও।

[মোটরের গতিমুখ বিপরীত করিবার জন্য উহার ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দিলেই চলিবে। এই সংযোগ ১৫৫(খ) নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।]

১৫৫(খ) নং চিত্র

১২। বুঝাইয়া দাও যে কেন—

(ক) লোড না থাকিলে Series Motor-এ পুরা Voltage দেওয়া উচিত নয়।

(খ) Differential Compound ডি, সি, মোটর কদাচিৎ ব্যবহৃত হয়।

১৩। একটি ডি, সি, মোটরে স্টার্টার কেন ব্যবহার করা প্রয়োজন তাহা বর্ণনা কর। একটি চিত্রের দ্বারা সান্ট মোটরের জন্য ৪-টি পয়েন্টযুক্ত স্টার্টারের প্রত্যেক অঙ্গের কার্যপ্রণালী এবং কেমন করিয়া উহারা কাজ করে তাহা ব্যাখ্যা কর।

১৪। স্টারটার এবং রেগুলেটারের মধ্যে পার্থক্য কি? রেখাচিত্রের সাহায্যে একটি ফেসপ্লেট টাইপ স্টারটারের (সাণ্ট মটরের জন্য) গঠন-প্রণালী বর্ণনা কর। (মটর এবং স্টারটারের মধ্যে কানেকসানও রেখাচিত্রে দেখাইতে হইবে।)

[স্টার্টার এবং রেগুলেটারের মধ্যে পার্থক্য নিম্নলিখিতরূপ—

(৵০) স্টার্টারের সাহায্যে মোটরকে চালু করা হয়, আর রেগুলেটারের সাহায্যে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে।

(৶০) স্টার্টারের পরিবর্তনশীল রোধ মোটরের আর্মেচারের সহিত সিরিজে লাগানো থাকে, আর রেগুলেটারের পরিবর্তনশীল রোধ সাধারণতঃ ফীল্ড-সারকিটে ব্যবহার করা হয়। এই রেজিস্ট্যান্স সাণ্ট ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে আর সিরিজ ফীল্ড-কয়েলের সহিত প্যার‍্যালেলে যুক্ত থাকে।

(৶৵০) স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স দিয়া কেবলমাত্র মোটর চালু করিবার সময়েই কারেন্ট যায়; মোটর পুরাপুরি চালু হইয়া গেলে স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সকে সম্পূর্ণরূপে আর্মেচার-সারকিটের বাহিরে রাখা হয় বলিয়া উহার মধ্য দিয়া তখন কোন তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। কিন্তু রেগুলেটারের রেজিস্ট্যান্স কখনই পুরাপুরি ফীল্ড-সারকিটের বাহিরে যায় না; তাই ঐ রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়া মোটর চলিতে থাকার সময় কিছু না কিছু কারেন্ট সর্বদাই প্রবাহিত হয়।

(।০) মোটরের ওয়াইণ্ডিংয়ে কিংবা পরিচালন ব্যবস্থায় কোন ত্রুটি দেখা দিলে সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ যাহাতে আপনা হইতেই ছিন্ন হইতে পারে সেইজন্য স্টার্টারে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল, ওভার-লোড রিলীজ কয়েল প্রভৃতি ব্যবহার করা হয়; কিন্তু রেগুলেটারে সাধারণতঃ এই ধরনের কোন বন্দোবস্ত থাকে না।

(।৵০) মোটর যতক্ষণ চলিতে থাকে, রেগুলেটার ততক্ষণ একজন পরিচালকের নিয়ন্ত্রণাধীনে থাকে, কিন্তু মোটর একবার চালু হইয়া যাওয়ার পরে আবার নূতন করিয়া চালু করার আগে স্টার্টারে হাত দেওয়ার প্রয়োজন হয় না।]

১৫। কি কি উপায়ে ডি, সি, মোটরের গতি নিয়ন্ত্রণ (speed control) করা যায় তাহা বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর।

১৬। ডি, সি, মোটরের "ব্যাক্ ই এম এফ" বলিতে কি বুঝায়?

একটি ১০ এইচ্ পি ৪৪০-ভোল্ট্ ডি, সি, মোটরের আরমেচার রেসিস্ট্যান্স ০·১ ওম্। স্টারটার ব্যবহার না করিয়া মোটরটিতে লাইন দিলে কি ঘটিবে? স্টারটারের প্রয়োজনীয়তা সম্বন্ধে আলোচনা কর।

ফেইচ্-প্লেট্ স্টারটারের ওভার-লোড কয়েল কিরূপে কাজ করে?

[মোটর্ চালু করিবার সময় আর্মেচারে বিপরীতমুখী তডিৎ-চাপ আবিষ্ট থাকে না। তাই ঐ সময় স্টার্টাব ব্যবহার না করিয়া ৪৪০-ভোল্ট মোটরে লাইন দিলে আর্মেচার দিয়া

$$\frac{৪৪০}{০ ১} = ৪৪০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

কাবেন্ট প্রবাহিত হইতে চেষ্টা করিবে। ইহাতে সুইচেব ফিউজ-তাব পুডিয়া যাইবে কিংবা সারকিট-ব্রেকার খুলিয়া পডিবে। আব যদি তাহা না হয়, তবে এত বেশী কারেন্ট আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হওয়াব জন্য আর্মেচারের কয়েলগুলি পুডিয়া যাইবে।]

১৭। (ক) একটি চালু ডি সি সান্ট মোটরের ফিল্ড ওপেন সার্কিট হইয়া গেলে কি ঘটিবে ?

(খ) একটি সিরিজ মোটর লোড না থাকা অবস্থায চালু কবিলে তাহার গতির কি হয় ?

(গ) একটি সান্ট মোটরের গতি একই রকম থাকে কেন তাহাব বিস্তারিত বর্ণনা কব।

১৮। সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ—

(ক) ট্রামগাডীর মোটর সিরিজ প্যারালাল স্পীড কন্ট্রোল কবিবার ব্যবস্থা।

(খ) তিন-পয়েন্ট স্টার্টার অপেক্ষা চাব-পয়েন্ট স্টার্টারের সুবিধা কি কি ?

(গ) ব্যাক ই এম এফ।

১৯। একটি ডি, সি, মোটরে স্টার্টিং রিহ্ষ্টাট কেন প্রয়োজন তাহা বর্ণনা কর। সান্ট মোটবে কোন্ সার্কিটে স্টার্টিং বিহষ্টাট লাগান হয় ?

একটি সান্ট মোটবে ব্যবহার কবাব উপযুক্ত 3-point starter-box-এর আভ্যন্তরীণ কনেক্সন পবিস্কার ভাবে আঁকিয়া দেখাও।

২০। কি কি উপায়ে ডি সি সান্ট মোটবেব গতি নিযন্ত্রণ কবা যায তাহা বর্ণনা কব। সান্ট মোটবেব নবম্যাল রেটিং অপেক্ষা কম গতি পাইতে হইলে তুমি কি উপায় অবলম্বন কবিবে ?

২১। নিম্নোক্ত বিষয়গুলিব কাবণ দাও :—

(ক) একটি Shunt মোটরের Shunt Regulator Starting হাতলের সহিত interlocked থাকা বাঞ্ছনীয়।

[সান্ট ফীল্ডের রেগুলেটার এবং স্টার্টারের হাতল উভয়ে পবস্পরের মধ্যে এমন-ভাবে আবদ্ধ থাকে যে, রেগুলেটারের পূরা রেজিস্ট্যান্স ফীল্ড-সারকিটে দেওয়া না থাকিলে, কিংবা রেগুলেটারের সংযোগ খোলা থাকিলে, স্টার্টারের হাতলকে সরাইয়া

মোটর চালু করা যায় না। এইরূপ ব্যবস্থা থাকা নিম্নলিখিত কারণগুলির জন্ত বাঞ্ছনীয় :—

(৵৹) মোটর চালু করিবার সময় সাণ্ট মোটরের ফীল্ড-সারকিটে স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স কাজ করে না ; তাই রেগুলেটারের পূরা রেজিস্ট্যান্স ফীল্ড-সারকিটে দেওয়া না থাকিলে ঐ সময় ফীল্ড দিয়া বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হইয়া কয়েল পোড়াইয়া ফেলিতে পারে।

(৶৹) রেগুলেটারের সংযোগ খোলা থাকিলে চুম্বক-ক্ষেত্রে বলরেখা উৎপন্ন হইতে পারে না। ইহাতে আর্মেচারের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া ওঠে।]

(খ) একটি Series Motor Belt-এর সাহায্যে মেসিন চালাইলে বিপদ ঘটিতে পারে।

(গ) Cumulatively Compounded Motor বেশীর ভাগ ভারী machine tools চালাইবার জন্ম ব্যবহৃত হয়।

২২। (ক) ডি, সি, সাণ্ট-মটরের জন্য থ্রি-পয়েণ্ট ফেসপ্লেট টাইপ স্টার্টার-এর সাপ্লাই এবং মটরের সঙ্গে কানেকশন সমেত একটি নক্সা অঙ্কন কর।

(খ) থ্রি-পয়েণ্ট স্টাটারের পরিবর্তে ফোর-পয়েণ্ট স্টাটার ব্যবহার কখন করা হয় এবং কেন করা হয় ?

২৩। (ক) ডি সি মোটরে "ব্যাক ই এম এফ" বলিতে কি বুঝায় ? মোটরের আর্মেচার কারেণ্টের উপর এই "ব্যাক ই এম এফ" এর প্রভাব কি ?

(খ) একটি চালু ডি, সি, সাণ্ট মোটরের ফিল্ড ওপেন সার্কিট হইয়া গেলে কি ঘটিবে ?

(গ) একটি ডি, সি, ডিফারেন্সিয়াল কম্পাউণ্ড মোটর স্টার্ট করিবার সময় কি ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে যাহাতে মোটরটি যেদিকে ঘোরার কথা তাহার বিপরীত দিকে ঘুরিতে না শুরু করে ?

(ঘ) একটি ডি, সি, সাণ্ট মোটর যেদিকে ঘুরিতেছে তাহার বিপরীত দিকে ঘুরাইতে হইলে কি করিতে হইবে ? যদি লাইনের টার্মিনাল দুইটি উণ্টাইয়া দেওয়া যায়, তাহা হইলে কি ফল হইবে ?

২৪। (ক) "Back e. m. f." বলিতে কি বুঝায় ? "Back e.m.f." প্রযুক্ত ভোণ্টেজ হইতে বেশী না কম ?

(খ) একটি ডি, সি, মোটর কি নিয়মে চলে তাহা বর্ণনা কর।

২৫। (ক) সাণ্ট মোটরের গতি পরিবর্তন করিবার তিনটি বিভিন্ন উপায় বর্ণনা কর, যাহা দ্বারা মোটরটিকে—

(১) স্বাভাবিক গতি অপেক্ষা কম গতিতে চালানো যায় ;

(২) • স্বাভাবিক গতি অপেক্ষা বেশী গতিতে চালানো যায় ; এবং

(৩) যে-কোন বাঞ্ছিত গতিতে চালানো যায়।

(খ) কোথায় এবং কি উদ্দেশ্যে ড্রাম কণ্ট্রোলার ব্যবহৃত হয় ? এই ধরনের কণ্ট্রোলারে Blow-out coil কেন সাধারণত ব্যবহার করা হয় ? Blow-out coil সারকিটে কিভাবে সংযোগ করা হয় ?

২৬। ফ্লেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম বিবৃত কর। কোথায় এবং কি কাজে এই নিয়ম প্রয়োগ করা হয় ?

২৭। একটি ডি. সি. মোটর চলিতে থাকাকালীন উহার আর্মেচারে যে ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়, সেই ঘূর্ণকের পরিমাণ নিউটন-মিটারে নির্ণয় কর। কি কি বিষয়ের উপর ঘূর্ণকের পরিমাণ নির্ভর করে ?

একটি ৫০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন ডি. সি. মোটর প্রতি মিনিটে ৪৮০ পাক ঘোরে। ঐ মোটরের আর্মেচারে কত নিউটন-মিটার ঘূর্ণক উৎপন্ন হয় ?

(উঃ ৭৩৮'৬ নিউটন-মিটার)

২৮। ডি. সি. মোটরের পরিচালনা যে তিনটি মূল সূত্রের সাহায্যে নিয়ন্ত্রিত হয়, তাহাদের উল্লেখ কর। এই তিনটি সূত্রের কোন্‌টি হইতে কি কি জ্ঞাতব্য বিষয় জানা যায় তাহাও বল।

২৯। ডি. সি. মোটরে সহায়ক-পোল (interpoles) ব্যবহার করা হয় কেন ? কিভাবে এই পোলের ওয়াইণ্ডিং সংযুক্ত থাকে ? উপযুক্ত চিত্রে ইহাদের অবস্থান দেখাইয়া তোমার উত্তর লিখ।

৩০। কত প্রকার ডি. সি. মোটর দেখিতে পাওয়া যায় ? সরবরাহ লাইনের সহিত প্রত্যেক প্রকার মোটরের আর্মেচার ও ফীল্ডের সংযোগ পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

২৫০-ভোল্ট লাইন হইতে একটি ৪-পোলের ডি. সি. সাণ্ট মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়। মোটরের আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত এবং আর্মেচারের খাঁজে ৪৭২টি পরিবাহী আছে। যদি চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা ৩৬ মিলিওয়েবার এবং আর্মেচারের রোধ নগণ্য হয়, তবে লোডশূন্য অবস্থায় মোটরের গতিবেগ কত হইবে ?

(উঃ প্রতি মিনিটে ৪৪১ পাক)

৩২। পূরা লোডসহ চলিবার সময় একটি সাণ্ট মোটর ২২০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে। আর্মেচারের রোধ ০'১ ওম, সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ৫৫ ওম এবং ঘর্ষণ ও লোহার অংশের অপচয় একত্রে ১২০০ ওয়াট। এই অবস্থায় মোটরের অশ্ব-শক্তি এবং আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। (উঃ ১১'৬৬ অশ্ব-শক্তি ; ২১৫'৪ ভোল্ট)

৩৩। ডি. সি. সাণ্ট মোটর কি ধরনের কাজের পক্ষে উপযোগী ? এই মোটরের আর্মেচারকে বিপরীতদিকে ঘুরাইতে হইলে কি কি উপায়ে তাহা করা যায় ?

বিপরীতদিকে ঘুরাইবার সময় সরবরাহ লাইনের সহিত আর্মেচার এবং ফীল্ডের সংযোগ যেভাবে থাকে, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

৩৪। সরবরাহ লাইনের সহিত একটি ডি.সি. সিরিজ মোটর যেভাবে সংযুক্ত থাকে, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

একটি ৪-পোলের সিরিজ মোটর ২৫০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৪৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। মোটরের আর্মেচারে ১০৫টি খাঁজ আছে, আর প্রতি খাঁজে ১২টি করিয়া পরিবাহী বসানো আছে। চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা ০.০২ ওয়েবার, আর্মেচারের রোধ ০.২ ওম, সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.১ ওম এবং ঘর্ষণ ও লোহার অংশের অপচয় একত্রে ৭০০ ওয়াট। যদি আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংযুক্ত হয়, তবে মোটরের (ক) ঘূর্ণক, (খ) গতিবেগ, (গ) ব্রেক হর্স পাওয়ার, এবং (ঘ) কর্ম-ক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

(উঃ (ক) ৩৩৬ নিউটন-মিটার, (খ) প্রতি মিনিটে ২৮২ পাক; (গ) ১৩.৩ অশ্বশক্তি; (ঘ) ৮৮%)

৩৫। একটি ২২০-ভোল্ট সিরিজ মোটর পূরা লোডসহ চলিবার সময় ৪০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। আর্মেচারের রোধ ০.৫ ওম এবং সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.২৫ ওম। এই অবস্থায় মোটরের

(ক) দুই ব্রাশের মধ্যে তড়িৎ-চাপ, এবং

(খ) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ (back e. m. f.) কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। (উঃ (ক) ২১০ ভোল্ট; (খ) ১৯০ ভোল্ট)

৩৬। ডি. সি. সিরিজ মোটর কি ধরনের কাজের পক্ষে উপযোগী? এই মোটরের শাফ্‌টের সহিত লোডকে বেল্টের সাহায্যে সংযুক্ত করা উচিত নহে কেন? একটি সিরিজ মোটরকে বিপরীতদিকে ঘুরাইতে হইলে যে-সকল উপায় অবলম্বন করিয়া তাহা করা যায়, চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহাদের ব্যাখ্যা কর।

৩৭। কম্পাউণ্ড মোটর কত রকমের হয়? সরবরাহ লাইনের সহিত প্রত্যেক মোটরের সংযোগ চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও। লোড যেখানে অনবরত পরিবর্তিত হইতে থাকে, সেখানে কোন্ মোটর ব্যবহার করিবে? ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটরে খুব বেশী লোড পড়িলে কি ধরনের বিপদ দেখা দিতে পারে?

৩৮। ক্রেন, এলিভেটর, ট্রামগাড়ী, বৈদ্যুতিক ট্রেন প্রভৃতি সিরিজ মোটরের সাহায্যেই চালানো যায়; কিন্তু কার্যক্ষেত্রে ইহাদের পরিচালনা করিবার জন্য সাধারণতঃ কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর কেন ব্যবহার করা হয়, তাহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

৩৯। কিউমিউলেটিভ এবং ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটরকে বিপরীতদিকে ঘুরাইবার জন্য যে-সকল পদ্ধতি অবলম্বন করা চলে, চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহাদের বর্ণনা কর।

৪০। সান্ট, সিরিজ এবং কম্পাউণ্ড জেনারেটার যখন মোটর হিসাবে পরিচালিত হয়, তখন আর্মেচার কোন্ দিকে ঘোরে তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া বুঝাও।

৪১। •চালু করিবার সময় একটি ডি. সি. মোটরের আর্মেচার দিয়া খুব বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে চেষ্টা করে—ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর। কিভাবে এই কারেণ্টের পরিমাণ কমাইয়া পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটর যে-পরিমাণ কারেণ্ট গ্রহণ করে, তাহার সমান কিংবা তাহা অপেক্ষা কিছু বেশী রাখা হয়?

৪২। ডি. সি. মোটরের স্টার্টারে যে-সকল ভিন্ন ভিন্ন অংশ ব্যবহার করা হয়, তাহাদের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। কোন্ অংশ কি কাজ করে তাহা বুঝাইয়া বল।

৪৩। যে স্টার্টারের সাহায্যে ডি সি. সিরিজ মোটর চালু করা যায়, সেইরূপ একটি "ফেস্-প্লেট" ধরনের স্টার্টার পরিষ্কার নক্সা অঙ্কন করিয়া দেখাও। স্টার্টারের বিভিন্ন অংশের সহিত মোটর এবং সুইচের সংযোগও দেখাইতে হইবে। স্টার্টারের হাতলকে চালু-অবস্থানে (ON-position) ধরিয়া রাখিবার জন্য যে তড়িৎ-চুম্বকটি ব্যবহার করা হয়, সেই চুম্বকে উত্তেজন দেওয়ার জন্য কি কি ধরনের কয়েল ব্যবহার করা চলে?

৪৪। সিরিজ মোটরের স্টার্টারে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল, নো-লোড রিলীজ কয়েল আর ওভার-লোড রিলীজ কয়েল কি উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হয়? একই স্টার্টারে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল আর নো-লোড রিলীজ কয়েল ব্যবহার করা চলে কি?

৪৫। কণ্ট্রোলার কোথায় এবং কি ধরনের কাজে ব্যবহার করা হয়? স্টার্টারের সহিত ইহার পার্থক্য কি কি? সাধারণতঃ কণ্ট্রোলারে থার্ম্যাল প্রোটেক্শন ব্যবহার করা হয় কেন?

৪৬। হস্তচালিত স্টার্টার অপেক্ষা স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারে কি কি বেশী সুবিধা পাওয়া যায়? একটি পরিষ্কার নক্সা অঙ্কন করিয়া সরবরাহ লাইন এবং মোটরের সহিত যে-কোন ধরনের একটি স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারের সংযোগ দেখাও। মোটর চালু করিবার সময় এই স্টার্টার কিভাবে কাজ করে তাহা বুঝাইয়া বল।

৪৭। কণ্ট্রোলারে কিংবা স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারে স্থির কন্ট্যাক্টের সহিত চলনশীল কন্ট্যাক্টের সংযোগ যখন খুলিতে আরম্ভ করে, তখন উভয় কন্ট্যাক্টের মধ্যে বৈদ্যুতিক আর্ক উৎপন্ন হইতে থাকে। যে ব্যবস্থা অবলম্বন করিলে এই আর্ক নির্বাপিত করা যায়, তাহা চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাও।

৪৮। চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রখরতা নিয়ন্ত্রণ (Field Control) করিয়া যখন সাণ্ট এবং সিরিজ মোটরের গতিবেগ কম-বেশী করা হয়, তখন মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ থাকে, তাহা রেখাচিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও। এই ব্যবস্থায় মোটরের সর্বোচ্চ আর সর্বনিম্ন গতিবেগ কিসের দ্বারা নির্ধারিত হয়?

৪৯। আর্মেচারের সহিত পরিবর্তনশীল রোধক সিরিজে যোগ করিয়া মোটরের গতিবেগ কিভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়, তাহা বুঝাইয়া বল। মোটরকে খুব আস্তে চালাইবার সময় এই ব্যবস্থায় কি অসুবিধা দেখা দেয়?

৫০। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিতে "মাল্টিভোল্টেজ কন্ট্রোল" কিভাবে প্রয়োগ করা হয়, তাহা একটি পরিষ্কার নক্সার সাহায্যে বুঝাও। এই ব্যবস্থায় অন্য কোন্ মেসিনের প্রয়োজন হয়? কোন্ ধরনের কাজের পক্ষে এই পদ্ধতি উপযোগী, আর কেনই বা ইহার ব্যবহার অতিশয় সীমাবদ্ধ, তাহা বুঝাইয়া বল।

৫১। কখন এবং কি ধরনের কাজের জন্য ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতির সাহায্যে ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা হয় বল। মোটরকে উভয় দিকে ঘুরাইতে হইলে যেভাবে সংযোগ করিতে হয়, তাহা একটি পরিষ্কার নক্সা অঙ্কন করিয়া দেখাও।

৫২। মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিতে মেট্যাডাইন পদ্ধতি কোথায় এবং কখন ব্যবহার করা হয়? ইহাতে কি কি মেসিন ব্যবহৃত হয় এবং তাহাদের সংযোগ কিভাবে থাকে, তাহা নক্সা অঙ্কন করিয়া দেখাও।

৫৩। সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও—

(ক) সিরিজ-প্যার্যালেল নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতি।

(খ) মাল্টিপ্‌ল-ইউনিট নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতি।

৫৪। বৈদ্যুতিক উপায় অবলম্বন করিয়া কত রকমে একটি চালু মোটরের গতিরোধ করা যায় বল। প্রত্যেকটি উপায় চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাও।

৫৫। একটি দুই-পোল বিশিষ্ট সিরিজ মোটরের ফীল্ড-কয়েল দুইটি যখন সিরিজে সংযুক্ত থাকে, তখন ঐ মোটর ৮৫-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৭০৭ পাক ঘোরে। যদি ফীল্ড-কয়েল দুইটি এখন প্যার্যালেলে সংযুক্ত করা হয়, তবে ঘূর্ণকের পরিমাণ সমান থাকিলে মোটরের গতিবেগ কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। আর্মেচারের রোধ ০·০৪ ওম এবং সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০·০৩ ওম। মনে কর চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা আর্মেচার-কারেন্টের সমানুপাতি। (উঃ প্রতি মিনিটে ১০২৯ পাক)

৫৬। প্রতি মিনিটে ৭২০ পাক ঘুরিবার সময় একটি ৫০০-ভোল্ট সান্ট মোটরের আর্মেচার দিয়া ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট যায়। আর্মেচারের রোধ ০·৪ ওম। যদি ঘূর্ণকের পরিমাণ সমান থাকে, তবে আর্মেচারের সহিত কত ওমের একটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যোগ করিলে ঐ মোটর প্রতি মিনিটে ৬০০ পাক ঘুরিবে? (উঃ ১৬ ওম)

৫৭। একটি সান্ট মোটর ১০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ২৪০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৪৬০ পাক ঘোরে। যদি চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা ফীল্ড-কারেন্টের সমানুপাতি হয়, তবে ঐ মোটর ২২০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৯০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লওয়ার সময় প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে? যদি মেসিনটি এখন জেনারেটার হিসাবে পরিচালিত হয়, তবে উহার গতিবেগ কত হইলে লোড-সারকিট ১৮০ ভোল্টে ১৫০ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ সরবরাহ পাইবে?

(উঃ প্রতি মিনিটে ৪৯১ পাক; প্রতি মিনিটে ৫১১ পাক)

৫৮। বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হইয়া গেলে হাতল যাহাতে খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসিতে পারে, প্রত্যেক স্টার্টারে সেইরূপ বন্দোবস্ত থাকা প্রয়োজন কেন তাহা ব্যাখ্যা কর।

৫৯। চালু করিবার সময় সান্ট মোটরের কোন্ সারকিটে পরিবর্তনশীল রোধক ব্যবহার করা হয়? সরবরাহ লাইনে এই রোধক ব্যবহার করা হয় না কেন?

৬০। সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ—

(ক) ড্রাম কণ্ট্রোলার।
(খ) ম্যাগ্‌নেটিক ব্লো-আউট।
(গ) ডাইনামিক ব্রেকিং।
(ঘ) স্বয়ংক্রিয় স্টার্টার।
(ঙ) রিজেনারেটিভ ব্রেকিং।
(চ) প্লাগিং।

৬১। ডি. সি. জেনারেটার আর ডি. সি মোটরের মধ্যে কি পার্থক্য আছে? একটি জেনারেটারকে মোটর হিসাবে ব্যবহার করা সম্ভব কি?

৬২। ডি. সি. মোটরের বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল কি? কিভাবে এবং কোথায় ইহা উৎপন্ন হয়? মোটরের গতিবেগ আর আর্মেচার-কারেন্টের উপর এই তড়িচ্চালক বলের প্রতিক্রিয়া কি ধরনের হইয়া থাকে?

৬৩। সান্ট, সিরিজ আর কম্পাউণ্ড—এই তিন শ্রেণীর মোটরের প্রত্যেকটির গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ থাকে, তাহা রেখাচিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর। চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রখরতা আর মোটরের গতিবেগ উভয়ের মধ্যে সম্বন্ধ ডি. সি. মোটরের ক্ষেত্রে কিরূপ হয়?

৬৪। একটি নূতন ডি সি সান্ট মোটর ও স্টার্টার লাগাইবার (অর্থাৎ ইনস্টল করিবার) পর প্রথমবার চালু করিবার সময় দেখা গেল যে স্টার্টার এর হ্যাণ্ডেলটি শেষ "নচ"-এ দিবার সময় (অর্থাৎ পূরা "অন" অবস্থায়) স্টার্টারটি "ট্রিপ" করিয়া যাইতেছে। মোটর অথবা স্টার্টারের কোনখানে দোষ আছে এবং উহা কি প্রকারে মেরামত করিতে হইবে?

[প্রত্যেক সান্ট মোটরের স্টার্টারেই হাতলের সহিত একটি করিয়া স্প্রীং লাগানো থাকে। এই স্প্রীং সর্বদা হাতলকে খোলা-অবস্থানের (Off-position) দিকে টানিয়া আনিতে চেষ্টা করে। মোটর চালু করিবার সময় হাতলকে যখন ঠেলিয়া ডান দিকের সব-শেষ বোতামের উপর আনা হয়, তখন একটি নরম লোহার তড়িৎ-চুম্বক হাতলের গায়ে দৃঢভাবে আবদ্ধ থাকা এক টুক্‌রা লোহাকে টানিয়া ধরে। এই তড়িৎ-চুম্বক "হোল্ড-আপ্ ম্যাগ্‌নেট" নামে পরিচিত, আর যে কয়েলের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে উহা উত্তেজন পায়, তাহাকে স্টার্টারের "নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল" বলে। স্প্রীং যত জোরে হাতলকে টানে, তাহা অপেক্ষা বেশী জোরে তড়িৎ-চুম্বক হাতলকে আকর্ষণ করে বলিয়া মোটর যতক্ষণ চলিতে থাকে, ততক্ষণ হাতল

"চালু-অবস্থানেই" (ON-position) থাকিয়া যায়। এখন, মোটর চালু করিতে গিয়া যদি দেখা যায় যে, হাতলটি ডান দিকের সব-শেষ বোতামের উপর পৌঁছাইবার পরে চালক হাত সরাইয়া লওয়া মাত্র উহা পুনরায় খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসিতেছে, তবে বুঝিতে হইবে যে-কোন কারণেই হউক তড়িৎ-চুম্বকের আকর্ষণ শক্তি হয় খুব কমিয়া গিয়াছে, আর না হয় উহাতে আদৌ কোন উত্তেজন নাই। এই অবস্থা নানা কারণে ঘটিতে পারে—

(১) সাণ্ট মোটরের জন্য যখন তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টার ব্যবহার করা হয়, তখন মোটরের ফীল্ড-কয়েল আর ফীল্ড রেগুলেটার নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েলের সহিত সিরিজে যোগ করা থাকে। এই অবস্থায় যদি রেগুলেটারের রেজিস্ট্যান্স খুব বেশী পরিমাণে সারকিটে সংযুক্ত থাকে, তবে ফীল্ড আর নো-ভোল্ট কয়েল দিয়া খুব সামান্য কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে পারে। ইহাতে তড়িৎ-চুম্বক খুব দুর্বল হইয়া পড়ে, আর স্প্রীংয়ের টানে হাতল তখন খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে।

ফীল্ড দিয়া খুব সামান্য কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে থাকিলে মোটর উহার নির্দিষ্ট গতিবেগ অপেক্ষা অনেক বেশী জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে। সুতরাং মোটরের গতিবেগের দিকে লক্ষ্য রাখিলেই এই ত্রুটি ধরা পড়ে। তখন রেগুলেটারের রেজিস্ট্যান্স কিছু কম করিয়া দিলেই ফীল্ড দিয়া কারেণ্ট নির্দিষ্ট পরিমাণে প্রবাহিত হইতে পারে, আর ইহাতে তড়িৎ-চুম্বক ঠিকমত উত্তেজন পায় বলিয়া স্টার্টারের হাতলকে আকর্ষণ করিয়া মোটরের চালু-অবস্থানে ধরিয়া রাখিতে সক্ষম হয়।

(২) মোটরে অতিরিক্ত লোড পড়িলে ওভার-লোড রিলীজ কয়েলের দ্বারা উত্তেজিত একটি তড়িৎ-চুম্বক উহার সম্মুখে অবস্থিত এক টুকরা লোহাকে আকর্ষণ করে। লোহার টুকরা এমনভাবে রাখা থাকে যাহাতে তাহা একদিকের একটি কীলক অবলম্বন করিয়া ঘুরিতে পারে। কীলকের অন্যদিকে একটি কন্‌ট্যাক্ট থাকে। চুম্বক উত্তেজিত হইয়া লোহাকে আকর্ষণ করিবামাত্র এই কন্‌ট্যাক্ট নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে সর্ট-সারকিট করিয়া দেয়। তখন ঐ কয়েল দিয়া কোন কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে পারে না বলিয়া স্প্রীংয়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে।

এখন, স্টার্টারের মধ্যে কোন ত্রুটি দেখা দেওয়ার জন্য কীলকের উপর অবস্থিত কন্‌ট্যাক্ট যদি সর্বদাই নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে সর্ট-সারকিট করিয়া রাখে, তবে হাত দিয়া যতক্ষণ স্টার্টারের হাতলকে ধরিয়া রাখা যাইবে, ততক্ষণ মোটর স্বাভাবিক গতিবেগেই চলিতে থাকিবে। কিন্তু হাত সরাইয়া লইলেই হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসিবে। এই অবস্থায় প্রথমে স্টার্টারের ঢাকনা খুলিয়া ভিতরে কি দোষ ঘটিয়াছে তাহা খুঁজিয়া বাহির করিতে হইবে, পরে কীলকের উপর কন্‌ট্যাক্ট যাহাতে ঠিকমত কাজ করিতে পারে সেইভাবে স্টার্টারটি মেরামত করিয়া লইলেই মোটর যথাবিধি চালু করা যাইবে।

(৩) চার-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারের ক্ষেত্রে মোটরের ফীল্ড-সারকিটের সহিত নো-ভোল্ট কয়েলের কোন সংযোগ থাকে না। এই শ্রেণীর স্টার্টারে নো-ভোল্ট

রিলীজ কয়েল একটি অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সের সহিত সিরিজে যুক্ত হইয়া পজিটিভ ও নেগেটিভ লাইনের মধ্যে সরাসরি সংযুক্ত থাকে। সুইচ হইতে যে নেগেটিভ লাইন বাহির হইয়া আসে, তাহার সহিত সংযোগের জন্য স্টার্টারে একটি অতিরিক্ত টার্মিন্যাল রাখা হয়। এখন, এই টার্মিন্যালের সহিত নেগেটিভ লাইনের সংযোগ যদি ঠিকমত না হয়, কিংবা স্টার্টারের ভিতরে এই টার্মিন্যালের সহিত নো-ভোল্ট কয়েলের সংযোগ কোথাও যদি খোলা থাকে, তবে নো-ভোল্ট কয়েল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ থাকিবে এবং ঐ কয়েলের চুম্বক কোন উত্তেজন পাইবে না। তখন বোতামের উপর হাতলকে চাপিয়া ধরিলে মোটর ঠিকমত চলিবে বটে, কিন্তু হাত সরাইয়া লইলেই উহা খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসিবে।

এই অবস্থার প্রতিকারের জন্য স্টার্টারের ঢাকনা খুলিয়া দিয়া যে প্রান্তের সহিত নেগেটিভ লাইন সংযুক্ত হওয়ার কথা, তাহার সহিত সব কয়টি তারের সংযোগ ঠিকমত আছে কিনা তাহা ভালভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে। তাহা ছাড়া, স্টার্টিং রেজিস্ট্যান্সের প্রথম বোতামের সহিত (অর্থাৎ যে বোতামের উপর হাতল আসিলে মোটর সর্বপ্রথম চলিতে সুরু করে), কিংবা অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সের সহিত নো-ভোল্ট কয়েলের সংযোগ কোথাও খোলা আছে কিনা, তাহাও পরীক্ষা করিয়া দেখা আবশ্যক।

(৪) চার-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারে নো-ভোল্ট কয়েলের মধ্যে কোন দোষ থাকিলে হোল্ড-আপ ম্যাগ্নেট উত্তেজন পায় না বটে, কিন্তু স্টার্টি রেজিস্ট্যান্সের বোতামের উপর হাতলকে যতক্ষণ চাপিয়া রাখা যায়, ততক্ষণ মোটর ঠিকমতই চলিতে থাকে। নো-ভোল্ট কয়েলে এই দোষ নানাভাবে দেখা দেয়। কয়েলের তার উহার পাকের মধ্যে কোথাও কাটা থাকিতে পারে। আবার তারের উপরের অন্তরণ (insulation) নষ্ট হইয়া যাওয়াতে দুই বা ততোধিক পাকের মধ্যে, কিংবা কয়েল আর চুম্বকের মধ্যে, কিংবা কয়েল আর স্টার্টারের বাক্সের মধ্যে সর্ট-সারকিট হওয়াও সম্ভব। স্টার্টারের ঢাকনা খুলিয়া দিয়া একটি ইন্সুলেশন টেষ্টিং মেগার অথবা একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা ও একটি ড্রাই ব্যাটারি সিরিজে সংযুক্ত করিয়া তাহার সাহায্যে কয়েলের এই দোষ বাহির করা যায়। নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্তের সহিত বৈদ্যুতিক ঘণ্টার খোলা প্রান্ত আর ড্রাই ব্যাটারির খোলা প্রান্ত সংযুক্ত করিয়া দিলে ঘণ্টা যদি না বাজে, তবে বুঝিতে হইবে কয়েলের তার এক বা একাধিক জায়গায় কাটা আছে। আবার বৈদ্যুতিক ঘণ্টার খোলা প্রান্ত নো-ভোল্ট কয়েলের এক প্রান্তের সহিত সংযুক্ত করিয়া ড্রাই ব্যাটারির খোলা প্রান্ত তড়িৎ-চুম্বক অথবা স্টার্টারের বাক্সের গায়ে ঠেকাইলে যদি ঘণ্টা বাজিয়া ওঠে, তবে বুঝিতে হইবে উহাদের মধ্যে সর্ট আছে। তখন কয়েলটি বদলাইয়া দিতে হইবে।

(৫) মোটরে যত বেশী লোড পড়িলে ওভার-লোড রিলীজ কাজ করে, তাহা প্রয়োজনমত নির্দিষ্ট করিয়া দিবার ব্যবস্থা সাধারণতঃ স্টার্টারের মধ্যেই করা থাকে। এখন, ভুলবশতঃ স্টার্টারে যদি এমন বন্দোবস্ত করা থাকে যাহাতে মোটর দিয়া পুরা লোডের কারেন্ট প্রবাহিত হইতে সুরু করিলেই ওভার-লোড কয়েলের চুম্বক সক্রিয়

হইয়া ওঠে, তবে পূরা লোডসহ মোটরকে চালু করা কখনই সম্ভব হইবে, না, অর্থাৎ পূরা লোডই তখন মোটরের পক্ষে অতিরিক্ত লোড হইয়া দাঁড়াইবে। এই অবস্থায় স্টার্টারের হাতল চালু-অবস্থানে পৌছাইবার পরে মোটরের চালক হাত সরাইয়া লওয়া মাত্র উহা পুনরায় খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসিবে।

স্টার্টারের মধ্যে যে বন্দোবস্তের সাহায্যে মোটর দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের সর্বোচ্চ পরিমাণ নির্দিষ্ট করা থাকে, তাহা প্রয়োজন অনুযায়ী ঠিক করিয়া লইলেই এই অসুবিধা দূর হইবে।

(৬) মোটরের শাফ্‌ট যদি বেয়ারিংয়ের মধ্যে আঁটা (jam) থাকে, অথবা আর্মেচার-কোর যদি পোল-কোরের গায়ে কোথাও ঠেকিয়া যায়, তবে চালু করার সময় মোটর খুব বেশী কারেন্ট লইতে চেষ্টা করে। ইহাতেও ওভার-লোড কয়েলের চুম্বক সক্রিয় হইয়া উঠিতে পারে। তখন স্টার্টারের হাতল আর চালু অবস্থানে দাঁড়াইয়া থাকিতে পারে না।

শাফ্‌ট যাহাতে বেয়ারিংয়ের মধ্যে স্বচ্ছন্দে ঘুরিতে পারে, কিংবা আর্মেচার আর পোল কোরের মধ্যে হাওয়ার-ফাঁক (air-gap) যাহাতে চারিপাশে সমান আর পরিমাণ মত থাকে, সেইরূপ বন্দোবস্ত করিতে পারিলেই মোটর চালু করার এই অসুবিধা দূর হইবে।

(৭) হাতলের গায়ে যে স্প্রীংটি লাগানো থাকে, তাহাতে দোষ থাকিলে স্প্রীং যতটা সম্প্রসারিত হওয়া প্রয়োজন, অনেক সময় ততটা হয় না। ইহাতে হাতল যখন ডান দিকের সব-শেষ বোতামের উপর আসে, তখন উহার গায়ে আবদ্ধ লোহার টুক্‌রাটি কিছুটা দূরে থাকিয়া যায়; ফলে তড়িৎ-চুম্বক আর ঐ লোহাকে উপযুক্ত জোরে আকর্ষণ করিতে পারে না।

স্টার্টারের ঢাকনা খুলিয়া দিয়া হাতলকে ডান দিকে সরাইবার পর লোহার টুক্‌রা তড়িৎ-চুম্বকের গায়ে ঠেকিতেছে কিনা, তাহা ভালভাবে লক্ষ্য করিলেই স্প্রীংয়ের এই দোষ ধরা পড়িবে। তখন প্রয়োজন হইলে স্প্রীংটি বদলাইয়া দিতে হইবে।]

সপ্তম পরিচ্ছেদ

ডি. সি. মেসিনের কর্মক্ষমতা এবং শক্তির অপচয়

(Efficiency and Losses of D. C. Machines)

কোন মেসিনের উৎপাদিত শক্তি আর গৃহীত শক্তির অনুপাতকে ঐ মেসিনের কর্মক্ষমতা বলা হয়। মেসিনকে পরিচালনা করিবার সময় বাহির হইতে যে শক্তি উহাতে দেওয়া হয় ইংরাজিতে তাহাকে "ইনপুট", আর মেসিন যে শক্তি উৎপন্ন করিয়া লোডে সরবরাহ করে তাহাকে "আউটপুট" বলে। তাই সংক্ষেপে, ইংরাজিতে—

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}},$$

আর বাংলায়—

$$\text{কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত শক্তি}}{\text{গৃহীত শক্তি}} \text{।}$$

মেসিন বাহির হইতে যত শক্তি গ্রহণ করে, তত শক্তি লোডকে কখনই সরবরাহ করিতে পারে না; কারণ মেসিনের ভিতরে নানাভাবে কিছু না কিছু শক্তির অপচয় ঘটেই। তাই মেসিনের কর্মক্ষমতার অঙ্ক সর্বদাই একক অপেক্ষা কম থাকে। এই কর্মক্ষমতা সাধারণতঃ দশমিকে কিংবা শতকরা হারে প্রকাশ করা হয়। উদাহরণ স্বরূপ, যখন কোন মেসিনের কর্মক্ষমতা ০.৯ কিংবা শতকরা ৯০ ভাগ বলা হয়, তখন বুঝিতে হইবে যে, ঐ মেসিন বাহির হইতে যত শক্তি গ্রহণ করে তাহার শতকরা ৯০ ভাগ অংশ (অধিকাংশ ক্ষেত্রেই রূপান্তরিত অবস্থায়) লোডকে সরবরাহ করিতে পারে। এখন, চালু থাকা অবস্থায় যে যে কারণে একটি ডি. সি. মেসিনে শক্তির অপচয় ঘটে, তাহাদের নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল। ডি. সি. জেনারেটার আর ডি. সি. মোটর অভিন্ন মেসিন বলিয়া তাহাদের মধ্যে একই ধরনের শক্তির অপচয় ঘটিয়া থাকে।

৭-১। ডি. সি. মেসিনে বিভিন্ন প্রকারের শক্তির অপচয় (Different Losses in a D. C. Machine)

ডি. সি. মেসিনে প্রধানতঃ তিনভাবে শক্তির অপচয় ঘটে। এই অপচয় যেভাবেই হউক না কেন, তাহা তাপে পরিণত হইয়া মেসিনকে গরম করিতে থাকে। তাই মেসিন তৈরীর পরিকল্পনা রচনা করিবার সময় এই সব তাপ যাহাতে সহজে বাহির হইয়া যাইতে পারে, সেইরূপ ব্যবস্থা রাখিতে হয়। একটি ডি. সি. মেসিনকে জেনারেটার কিংবা মোটর—যেভাবেই চালানো হউক না কেন, নিম্নলিখিত অপচয়গুলি ঐ মেসিনে ঘটিবেই—

(১) তামার অংশের অপচয় (Copper Losses);

(২) লোহার অংশের অপচয় (Iron Losses or Core Losses) ;
(৩) ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার জন্য অপচয় (Friction & Windage Losses)।

(১) তামার অংশের অপচয় ঃ

এই অপচয়কে অনেক সময় "বৈদ্যুতিক অপচয়" (electrical losses) বলা হয়। আবার ইহাই I^2R-অপচয় নামে পরিচিত। মেসিনে যে-সকল তামার কয়েল ব্যবহার করা হয়, তাহাদের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় ঐ সকল কয়েলের রেজিস্ট্যান্সে শক্তির অপচয় ঘটিতে থাকে। তাই ইহাকে বৈদ্যুতিক অপচয় বলে।

(১/০) আর্মেচারের অপচয় :—

আর্মেচারের কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় ঐ কয়েলগুলি গরম হইয়া ওঠে। ইহাতে অবশ্যই তড়িৎ-শক্তির অপচয় ঘটে। আবার যখন তড়িৎ-প্রবাহ কম্যুটেটার আর ব্রাশের মধ্য দিয়া যায়, তখন উহাদের মধ্যেও শক্তির অপচয় ঘটিতে থাকে। এই সকল অপচয় যদি P_a-দ্বারা চিহ্নিত করা যায়, তবে

$$P_a = I_a^2 R_a \text{ ওয়াট}$$

হইবে। এখানে I_a-দ্বারা আর্মেচার-সারকিটের কারেণ্ট আর R_a-দ্বারা আর্মেচারের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী সমস্ত রেজিস্ট্যান্স নির্দেশ করা হইতেছে। এই রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিংয়ের রোধ, কম্যুটেটারের রোধ, ব্রাশের রোধ এবং কম্যুটেটার ও ব্রাশের সংযোগস্থলের রোধ একত্র করিয়া পাওয়া যায়। আর্মেচারের অপচয় নির্ণয় করিবার সময় এই সকল রোধ সর্বদা সমান থাকে—এইরূপ ধরিয়া লওয়া হয়। পুরা লোডে একটি মেসিনে যতটা শক্তির অপচয় ঘটে, তাহার প্রায় শতকরা ৩০ হইতে ৪০ ভাগ অপচয় আর্মেচারে হইয়া থাকে।

(৵০) ফীল্ডের অপচয় :—

তড়িৎ-চুম্বকে উত্তেজন দেওয়ার জন্য ফীল্ড-কয়েল দিয়া যখন কারেণ্ট পাঠানো হয়, তখন কয়েলের রেজিস্ট্যান্সে শক্তির অপচয় ঘটে। ইহাকে ফীল্ডের অপচয় বলে। যদি সাণ্ট ফীল্ড দিয়া I_{sh}-অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, আর মেসিনের প্রান্তিক-চাপ V-ভোল্ট থাকে, তবে ঐ ফীল্ডের অপচয়

$$P_{sh} = I_{sh}^2 R_{sh} = VI_{sh} \text{ ওয়াট}$$

হইবে। এখানে R_{sh} দ্বারা ফীল্ড-কয়েল আর রেগুলেটারের রোধ একত্র করিয়া দেখানো হইয়াছে। সিরিজ ফীল্ডের অপচয় হইবে

$$P_{se} = I_{se}^2 R_{se} \text{ ওয়াট।}$$

সিরিজ ফীল্ডের কয়েল দিয়া যে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, I_{se} তাহাই নির্দেশ করিতেছে। কয়েলের সংযোগ অনুযায়ী I_{se} আর্মেচার-কারেন্টের সমান হইতে পারে, আবার তাহা অপেক্ষা কমও হইতে পারে। ফীল্ড-সারকিটে যখন অন্য কোন রেজিস্ট্যান্স না থাকে, R_{se} তখন কেবলমাত্র ফীল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্সকেই নির্দেশ করে। কিন্তু সিরিজ ফীল্ডে ডাইভারটার ব্যবহার করা হইলে R_{se} ডাইভারটার ও ফীল্ড-কয়েল উভয়ের সমতুল (equivalent) রেজিস্ট্যান্স হইবে।

উপরে যে দুইটি অপচয়ের কথা বলা হইল, সেই আর্মেচার আর ফীল্ডের অপচয়ের সমষ্টিকে "তামার অংশের অপচয়" (copper losses) নামে অভিহিত করা হয়।

(২) লোহার অংশের অপচয়ঃ

ডি. সি. মেসিন তৈরী করিতে তামার কয়েল ছাড়া আর যে অন্য পরিবাহী-ধাতু ব্যবহার করা হয়, তাহা লোহা কিংবা ইস্পাত। মেসিনের মধ্যে ইস্পাতের অংশে নানা কারণে শক্তির অপচয় ঘটে। এই সকল অপচয়ের সমষ্টিকে "লোহার অংশের অপচয়" (iron losses) বা "কোর-এর অপচয়" (core losses) নামে অভিহিত করা হয়। অনেক সময় ইহাকে "চুম্বকীয় অপচয়" (magnetic losses)-ও বলা হইয়া থাকে। এই অপচয়গুলি কিভাবে ঘটে, আর কি ব্যবস্থা অবলম্বন করিলে ইহাদের কোন-কোনটির পরিমাণ কম রাখা যায়, তাহাই এখন সংক্ষেপে আলোচনা করা হইতেছে—

(/০) চুম্বকীয়-শৈথিল্য জনিত অপচয় বা হিস্টারেসিস জনিত অপচয় (Hysteresis Loss):—

ডি. সি. মেসিন যতক্ষণ চালু থাকে, ততক্ষণ আর্মেচারের কোর চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে ঘোরে। ফলে আর্মেচার এক পোলের সম্মুখ হইতে পাশের অন্য পোলের সম্মুখে ক্রমাগত সরিয়া যাইতে থাকে, আর সেইজন্য কোরের চুম্বকত্বও দিক-পরিবর্তন করিতে বা কম-বেশী হইতে আরম্ভ করে, আর্মেচার যখন কোন একটি পোলের সম্মুখে থাকে, তখন কোরে যে চুম্বকত্ব উৎপন্ন হয়, পাশের পোলের সম্মুখে উপস্থিত হইবা-মাত্র সেই চুম্বকত্ব ধ্বংস হইয়া কোরে আবার আগের বিপরীতদিকে চুম্বকত্ব উৎপন্ন হয়। এইভাবে প্রতি পাক ঘুরিতে মেসিনে যতগুলি পোল থাকে, ততবার কোরের চুম্বকত্ব ধ্বংস হয়; আর একবার চুম্বকত্ব ধ্বংস হইলে কোর আগের ঠিক বিপরীতদিকে পুনরায় নূতন চুম্বকত্ব লাভ করে। বারবার ঘন ঘন চুম্বকত্ব নষ্ট হওয়া আর বদল হওয়ার ফলে কোরে তখন শক্তির অপচয় ঘটিতে থাকে। এই অপচয়ের নাম শৈথিল্য জনিত অপচয় বা হিস্টারেসিস জনিত অপচয়। মেসিনের গতিবেগ আর চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রখরতা যত বাড়ে, শৈথিল্য জনিত অপচয় তত বৃদ্ধি পায়, আর উহারা যত কমে, এই অপচয় তত কম হইতে থাকে।

(৵০) আবর্ত-প্রবাহ জনিত অপচয় বা এডি-কারেন্ট জনিত অপচয় (Eddy-current Loss):—

যেহেতু আর্মেচারের পরিবাহী আর আর্মেচার-কোর একত্রে একই চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে ঘোরে, অতএব পরিবাহীর সঙ্গে আর্মেচারের কোরও চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখা ছেদন করে। ইহাতে কোর-এ এক তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, আর সেই চাপ এক আবর্ত-প্রবাহ উৎপন্ন করে। ইংরাজিতে এই প্রবাহকে "এডি-কারেন্ট" (eddy-current) বলে। কোর যদি আস্ত লোহা কিংবা ঢালাই ইস্পাতের দ্বারা তৈরী হয়, তবে আবর্ত-প্রবাহ এত বেশী বৃদ্ধি পায় যে, কোর গরম হওয়ার জন্য তখন আর্মেচারে উৎপন্ন

তড়িৎ-শক্তির অনেকটাই নষ্ট হইয়া যায়। সেইজন্য প্রায় সকলক্ষেত্রেই আর্মেচার-কোর "ল্যামিনেট্" করা থাকে। কোর ল্যামিনেট্ (laminated) করা থাকিলে আবর্ত-প্রবাহ জনিত অপচয় যদিও একেবারে সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয় না, কিন্তু ঐ অপচয়ের পরিমাণ বহুলাংশে হ্রাস পায়। আবর্ত-প্রবাহ জনিত অপচয় মেসিনের গতিবেগের বর্গফল আর চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রখরতার বর্গফলের সমানুপাতি হয়।

(৶০) পোলের-মুখে অপচয় (Pole-face Loss) :—

চুম্বক বলরেখার গোছা (tuft) যখন দাঁতের মধ্য দিয়া আর্মেচারে প্রবেশ করে অথবা আর্মেচার হইতে বাহির হইয়া আসে, তখন তাহা পোলের সম্মুখ দিয়া অগ্রসর হয় এবং স্পন্দিত (pulsate) হইতে থাকে। বলরেখার এই স্পন্দন প্রত্যেক পোলের মুখে আবর্ত-প্রবাহ উৎপন্ন করে, আর একই সঙ্গে চুম্বকীয় শৈথিল্যও দেখা দেয়; ফলে প্রত্যেক পোলের মুখেই শক্তির অপচয় ঘটে। আবর্ত-প্রবাহের পরিমাণ কম রাখিবার জন্য আর্মেচার-কোরের ন্যায় পোলের মুখগুলিও (অর্থাৎ পোল-শূ) ল্যামিনেট করা থাকে। মেসিনের গতিবেগ আর চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রখরতার সঙ্গে এই অপচয়ও কম-বেশী হয়।

(৩) ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার জন্য অপচয় ঃ

মেসিন চলিতে থাকাকালীন উহার বিভিন্ন অংশের মধ্যে অথবা কোন একটি অংশ আর হাওয়ার মধ্যে ঘর্ষণ জনিত শক্তির যে অপচয় ঘটে, তাহাদের সমষ্টিকে "ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার জন্য অপচয়" (friction & windage losses) নামে অভিহিত করা হয়। এই অপচয় মেসিনের কোন্ কোন্ অংশে কিভাবে ঘটে, তাহাই এখন বলা হইতেছে—

(/০) ব্রাশ-ঘর্ষণের অপচয় (Brush-friction Loss) :—

কম্যুটেটারের উপর ব্রাশ চাপিয়া বসানো থাকে, তাই মেসিন চলিবার সময় তাহাদের ঘর্ষণে শক্তির কিছুটা অপচয় ঘটে।

(৵০) বেয়ারিংয়ের অপচয় (Bearing-friction Loss) :—

শাফ্ট বেয়ারিংয়ের মধ্যে ঘোরে বলিয়া উভয়ের ঘর্ষণে যতটা শক্তির অপচয় ঘটে, তাহা বেয়ারিংয়ের অপচয় হিসাবে ধরা হয়।

(৶০) হাওয়া কাটার জন্য অপচয় (Windage) :—

মেসিনের আর্মেচার খুব জোরে ঘুরিবার সময় হাওয়া কাটিয়া অগ্রসর হইতে থাকে, ফলে আর্মেচার ও হাওয়ার মধ্যে ঘর্ষণ জনিত অপচয় ঘটে। ইংরাজিতে ইহাকে 'উইণ্ডেজ' বলে।

পূরা লোডসহ চলিবার সময় একটি ডি. সি. মেসিনে যতটা শক্তির অপচয় ঘটে, তাহার প্রায় শতকরা ১০ হইতে ২০ ভাগ অংশ ঘর্ষণের জন্য ঘটিয়া থাকে।

উপরে যে তিন প্রকার অপচয়ের কথা এতক্ষণ বলা হইল, তাহাদের মধ্যে লোহার অংশের অপচয় আর ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার অপচয় লোডের যে-কোন অবস্থাতেই প্রায় সমান থাকে। মেসিন হাল্কাভাবেই চলুক কিংবা উহাতে পূরা লোডই (এমন কি

পূরা লোড অপেক্ষাও বেশী লোড) দেওয়া হউক, এই দুই অপচয়ের কোন পরিবর্তন তাহাতে হয় না। মেসিন চলিবার সময় আর্মেচারে যে যান্ত্রিক-শক্তি উৎপন্ন হয়, তাহার কিছুটা অংশ এই দুই অপচয়ের জন্য নষ্ট হইয়া যায়। সেইজন্য লোহার অংশের অপচয় আর ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার অপচয় উভয়কে একত্রে "যান্ত্রিক অপচয়" (mechanical losses) বলা হইয়া থাকে। ইংরাজিতে আবার ইহাদের "স্ট্রে পাওয়ার লস" (Stray Power Losses)-ও বলা হয়।

যান্ত্রিক অপচয় ছাড়া সাণ্ট ফীল্ডের তামার অংশে যে অপচয় ঘটে, তাহাও সবদা সমান থাকে। সাণ্ট ফীল্ডের অপচয় মেসিনের প্রান্তিক চাপ আর ফীল্ডের কারেণ্ট—এই দুইয়ের উপর নির্ভরশীল। সুতরাং লাইনের ভোল্টেজ আর সাণ্ট ফীল্ডের রোধ যতক্ষণ সমান থাকে, ততক্ষণ লোড কম-বেশী হইলেও এই অপচয়ের কোন পরিবর্তন ঘটে না। সেইজন্য ডি. সি. মেসিনের যান্ত্রিক অপচয় আর সাণ্ট ফীল্ডের অপচয় একত্রে "অপরিবর্তনীয় অপচয়" (constant losses or fixed losses) হিসাবে বিবেচিত হইয়া থাকে। কিন্তু আর্মেচার, সিরিজ ফীল্ড আর সহায়ক পোলের তামার অংশের অপচয় আর্মেচার-কারেণ্টের বর্গফলের সমানুপাতি (propoitional to the square of the arrature current)। তাই লোড কম বা বেশী হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যখন আর্মেচারের কারেণ্ট কমিতে বা বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, তখন আর্মেচার অথবা সিরিজ ফীল্ডের অপচয়ও কম বা বেশী হয়। সেইজন্য আর্মেচার, সিরিজ ফীল্ড আর সহায়ক পোলের তামার অংশের অপচয়কে একত্রে "পরিবর্তনীয় অপচয়" (variable losses) বলে।

৭-২। ডি. সি. মেসিনের কর্মক্ষমতা (Efficiency of D. C. Machines)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কোন মেসিনের উৎপাদিত শক্তি আর গৃহীত শক্তির অনুপাতকে ঐ মেসিনের কর্মক্ষমতা বলে। সুতরাং ডি. সি. মেসিনের

$$\text{কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত শক্তি}}{\text{গৃহীত শক্তি}}, \text{ অর্থাৎ } \frac{\text{আউটপুট}}{\text{ইনপুট}}।$$

তবে এই ভগ্নাংশের লব আর হর—দুইটিকে একই রকমের এককের (unit) সাহায্যে প্রকাশ করিতে হয়। বৈদ্যুতিক মেসিনের ক্ষেত্রে সাধারণতঃ তাহাদের 'ওয়াট' বা 'কিলোওয়াট'-এ প্রকাশ করা হইয়া থাকে। কিন্তু ইহাদের মধ্যে একটি যান্ত্রিক-শক্তি, আর অন্যটি তড়িৎ-শক্তি। তড়িৎ-শক্তি যত সহজে আর যতটা সঠিকভাবে কেবলমাত্র একটি ভোল্টমিটার ও একটি অ্যাম্মিটার অথবা কেবলমাত্র একটি ওয়াটমিটারের সাহায্যে মাপা যায়, যান্ত্রিক-শক্তির পরিমাপ তত সহজে করা চলে না। তাই ডি. সি. মেসিনের কর্মক্ষমতা হিসাব করিবার সময় মেসিনের যে-দিকে (অর্থাৎ আউটপুট কিংবা ইনপুট) তড়িৎ-শক্তি থাকে, কেবলমাত্র সেই দিকের শক্তিকেই মাপা হয়। পরে বিভিন্ন পদ্ধতির সাহায্যে যখন শক্তির মোট অপচয়

নির্ধারণ করা হয়, তখন সেই অপচয়কে প্রয়োজনমত তড়িৎ-শক্তির সহিত যোগ অথবা বিয়োগ করিলে যান্ত্রিক-শক্তির পরিমাণ জানিতে পারা যায়। ডি. সি. জেনারেটারের উৎপাদিত শক্তি বা আউটপুট তড়িৎ-শক্তি, কিন্তু উহার ইনপুট যান্ত্রিক-শক্তি। সুতরাং

$$\text{জেনারেটারের কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত শক্তি}}{(\text{উৎপাদিত শক্তি}) + (\text{শক্তির মোট অপচয়})}.$$

আবার ডি. সি. মোটরের ইনপুট তড়িৎ-শক্তি, কিন্তু আউটপুট যান্ত্রিক-শক্তি। তাই

$$\text{মোটরের কর্মক্ষমতা} = \frac{(\text{গৃহীত শক্তি}) - (\text{শক্তির মোট অপচয়})}{\text{গৃহীত শক্তি}}।$$

পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, মেসিনের পরিবর্তনীয় অপচয় যখন উহার অপরিবর্তনীয় অপচয়ের সমান থাকে, তখন কর্মক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশী হয়।

জেনারেটারের কর্মক্ষমতার প্রকার ভেদ

ডি. সি. জেনারেটারে ইনপুট হিসাবে যে যান্ত্রিক-শক্তি প্রয়োগ করা হয়, মেসিনের মধ্যদিয়া তাহা তিনভাবে আত্মপ্রকাশ করে—

(১) যান্ত্রিক অপচয় অথবা স্ট্রে পাওয়ার লসেস্ রূপে,

(২) আর্মেচার এবং ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় অথবা বৈদ্যুতিক অপচয় রূপে, আর

(৩) জেনারেটারের উৎপাদিত শক্তি রূপে। এই শক্তিকেই তড়িৎ-শক্তি রূপে লোড-সারকিটে কাজে লাগানো হয়।

. ইহা হইতে জেনারেটারের কর্মক্ষমতাকে তিনটি বিভাগে (Subdivisions) ভাগ করা হইয়া থাকে। যথা—

(১) ব্যবসায়িক বা সমবেত কর্মক্ষমতা (Commercial or Overall Efficiency),

(২) যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা (Mechanical Efficiency), আর

(৩) বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা (Electrical Efficiency)।

জেনারেটার লোড-সারকিটে যতটা তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করে, আর প্রাইম মুভার (অর্থাৎ যে ইঞ্জিনের সাহায্যে আর্মেচারকে ঘুরানো হয়) হইতে উহাতে যতটা যান্ত্রিক শক্তি দেওয়া হয়, তাহাদের অনুপাতকে ব্যবসায়িক বা সমবেত কর্মক্ষমতা বলে। সুতরাং

$$\text{ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{গৃহীত যান্ত্রিক শক্তি}}।$$

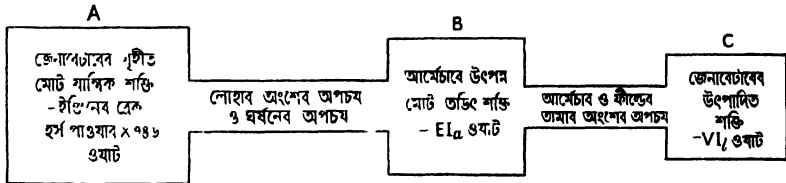
ডাইনামোকে ঘুরাইবার সময় প্রাইম মুভার মোট যতটা যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহ করে, তাহা হইতে ঘর্ষণের অপচয় আর লোহার অংশের অপচয় বাদ দিলে বাকী যাহা

থাকে, তাহাই আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি। আর্মেচারের এই শক্তিকে জেনারেটারের গৃহীত যান্ত্রিক শক্তি দিয়া ভাগ করিলে যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা পাওয়া যায়। সুতরাং

$$\text{যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি}}{\text{গৃহীত যান্ত্রিক শক্তি}} \text{।}$$

আর্মেচারে মোট যতটা তড়িৎ-শক্তি উৎপন্ন হয়, তাহার সমস্তটাই লোড-সার্কিটে সরবরাহ করা যায় না, কিছু অংশ ফীল্ড ও আর্মেচারের তামার অংশের অপচয়ের জন্য নষ্ট হইয়া যায়। বাকী যাহা থাকে, তাহাই জেনারেটারের উৎপাদিত শক্তি। এই শক্তিকে আর্মেচারের মোট তড়িৎ-শক্তি দিয়া ভাগ করিলে মেসিনের বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা পাওয়া যায়। সুতরাং

$$\text{বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি}} \text{।}$$

উপরে এতক্ষণ যাহা বলা হইল, ১৫৬নং চিত্রে নক্সার সাহায্যে তাহাই আবার সংক্ষেপে বুঝানো হইয়াছে। এই চিত্রটি ভালভাবে লক্ষ্য করিলে জেনারেটারের কোন্ অংশে কি পরিমাণ শক্তি কাজ করে, আর কোথায় কতটা শক্তির অপচয় ঘটে, তাহা খুব সহজে বুঝিতে পারা যাইবে।

১৫৬ন চিত্র

১৫৬নং চিত্র হইতে জেনারেটারের অপচয় আর বিভিন্ন প্রকারের কর্মক্ষমতাকে নিম্নলিখিত উপায়ে প্রকাশ করা যায়—

লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয় $= A - B$

আর্মেচার ও ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= B - C$

$$\text{ব্যবসায়িক বা সমবেত কর্মক্ষমতা} = \frac{C}{A}$$

$$\text{যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা} = \frac{B}{A}$$

$$\text{বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা} = \frac{C}{B}$$

সাধারণতঃ কর্মক্ষমতা শতকরা হিসাবে প্রকাশ করা হয়, আর নির্দিষ্টভাবে কিছু বলা না থাকিলে মেসিনের কর্মক্ষমতা বলিতে ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতাকেই বুঝায়।

উদাহরণ ৭-১। ১৫৫ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন একটি ইঞ্জিনের সাহায্যে যখন একটি সাণ্ট জেনারেটারকে ঘুরানো হয়, তখন ঐ জেনারেটার ৫০০ ভোল্টে ২০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট বাহিরের বর্তনীতে সরবরাহ করে। যদি আর্মেচারের রোধ ০·০৯ ওম আর সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ২৫ ওম হয়, তবে জেনারেটারের (ক) বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা, (খ) যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা, আর (গ) ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে জেনারেটারের গৃহীত

মোট যান্ত্রিক শক্তি = ১৫৫ অশ্ব-শক্তি

= ১৫৫ $\times$ ৭৪৬ = ১১৫৬৩০ ওয়াট,

V = ৫০০ ভোল্ট,

I_l = ২০০ অ্যাম্পিয়ার,

R_a = ০·০৯ ওম, আর

R_{sh} = ২৫ ওম।

সাণ্ট ফীল্ডের কারেন্ট $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{৫০০}{২৫}$ = ১০ অ্যাম্পিয়ার।

আর্মেচারের কারেন্ট $I_a = I_l + I_{sh}$ = ২০০ + ২০

= ২২০ অ্যাম্পিয়ার।

আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$E = V + I_a R_a$ = ৫০০ + ২২০ $\times$ ০·০৯

= ৫১৯·৮ ভোল্ট।

আর্মেচারে উৎপন্ন

মোট তড়িৎ-শক্তি = EI_a = ৫১৯·৮ $\times$ ২২০

= ১১৪৩৫৬ ওয়াট।

জেনারেটারের উৎপাদিত

তড়িৎ-শক্তি = VI_l = ৫০০ $\times$ ২০০

= ১০০০০০ ওয়াট।

(ক) বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা = $\frac{\text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি}}$

= $\frac{১০০০০০}{১১৪৩৫৬}$

= ০·৮৭৪, অর্থাৎ ৮৭·৪%।

(খ) যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা = $\frac{\text{আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি}}{\text{গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি}}$

= $\frac{১১৪৩৫৬}{১১৫৬৩০}$

= ০·৯৮৯, অর্থাৎ ৯৮·৯ %।

(গ) ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা $=\frac{\text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি}}$

$=\frac{১০০০০০}{১১৫৬৩০}$

$=$ ০·৮৬৪৯, অর্থাৎ ৮৬·৪৯ % ।

উদাহরণ ৭-২। একটি সাণ্ট ডাইনামো ২০০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। উহার প্রাইম মুভার ৩২ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন। যদি সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ৫০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০·১ ওম হয়, তবে জেনারেটারের (ক) তামার অংশের মোট অপচয়, (খ) লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়, আর (গ) ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে জেনারেটারের গৃহীত

মোট যান্ত্রিক শক্তি $=$ ৩২ অশ্ব-শক্তি

$=$ ৩২ $\times$ ৭৪৬ $=$ ২৩৮৭২ ওয়াট,

V $=$ ২০০ ভোল্ট,

I_l $=$ ১০০ অ্যাম্পিয়ার,

R_{sh} $=$ ৫০ ওম, আর

R_a $=$ ০·১ ওম।

$I_{sh}=\frac{V}{R_{sh}}=\frac{২০০}{৫০}$

$=$ ৪ অ্যাম্পিয়ার।

$I_a=I_l+I_{sh}=$ ১০০ $+$ ৪

$=$ ১০৪ অ্যাম্পিয়ার।

$E=V+I_aR_a=$ ২০০ $+$ ১০৪ $\times$ ·১

$=$ ২১০·৪ ভোল্ট।

আর্মেচারে উৎপন্ন

মোট তড়িৎ-শক্তি $=EI_a=$ ২১০·৪ $\times$ ১০৪

$=$ ২১৮৮২ ওয়াট।

জেনারেটারের উৎপাদিত

তড়িৎ-শক্তি $=VI_l=$ ২০০ $\times$ ১০০

$=$ ২০০০০ ওয়াট।

(ক) জেনারেটারের মোট তামার অংশের অপচয়

$=$ আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি $-$ জেনারেটারের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি

$=$ ২১৮৮২ $-$ ২০০০০

$=$ ১৮৮২ ওয়াট।

(খ) লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়

= জেনারেটারের গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি − আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি

= ২৩৮৭২ − ২১৮৮২

= ১৯৯০ ওয়াট।

(গ) জেনারেটারের ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা

$= \dfrac{\text{জেনারেটারের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{জেনারেটারের গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি}}$

$= \dfrac{২০০০০}{২৩৮৭২}$

= ০·৮৩৮, অর্থাৎ ৮৩·৮%।

উদাহরণ ৭-৩। একটি সর্ট-সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার বাহিরের বর্তনীতে ১১০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। আর্মেচারের রোধ ০·০৫ ওম, সান্ট ফীল্ডের রোধ ৫৭ ওম এবং সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০·০৪ ওম। যদি লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয় একত্রে ৮৫২ ওয়াট হয়, তবে

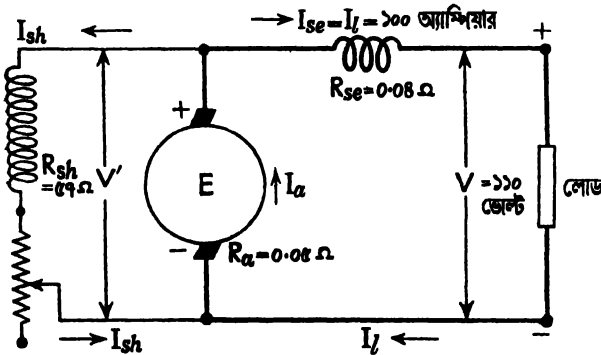
(ক) আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ,

(খ) আর্মেচারের তামার অংশের অপচয়,

(গ) সিরিজ ফীল্ডের তামার অংশের অপচয়,

(ঘ) সান্ট ফীল্ডের তামার অংশের অপচয়, আর

(ঙ) জেনারেটারের সমবেত কর্মক্ষমতা

কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

১৫৭(ক)নং চিত্র

এখানে V = ১১০ ভোল্ট,

I_l = ১০০ অ্যাম্পিয়ার = I_{se} (সর্ট-সান্ট বলিয়া),

R_a = ০·০৫ ওম,

R_{sh} = ৫৭ ওম,

R_{se} = ০·০৪ ওম, আর

লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়=৮৫২ ওয়াট।

সাণ্ট ফীল্ডের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী তড়িৎ-চাপ $V' = V + I_l R_{se}$

$= ১১০ + ১০০ \times ০\cdot০৪$

$= ১১৪$ ভোল্ট।

$I_{sh} = \frac{V'}{R_{sh}} = \frac{১১৪}{৫৭}$

$= ২\cdot০$ অ্যাম্পিয়ার।

$I_a = I_l + I_{sh} = ১০০ + ২\cdot০$

$= ১০২$ অ্যাম্পিয়ার।

(ক) আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ $E = V + I_a R_a + I_l R_{se}$

$= ১১০ + ১০২ \times ০\cdot০৫ + ১০০ \times ০\cdot০৪$

$= \underline{১১৯\cdot১}$ ভোল্ট।

(খ) আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $= I_a^2 R_a = (১০২)^2 \times ০\cdot০৫$

$= \underline{৫২০\cdot২}$ ওয়াট।

(গ) সিরিজ ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_l^2 R_{se} = (১০০)^2 \times ০\cdot০৪$

$= \underline{৪০০}$ ওয়াট।

(ঘ) সাণ্ট ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_{sh}^2 R_{sh} = (২\cdot০)^2 \times ৫৭$

$= \underline{২২৮}$ ওয়াট।

(ঙ) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি $= EI_a = ১১৯\cdot১ \times ১০২$

$= ১২১৪৮\cdot২$ ওয়াট।

জেনারেটারের গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি = আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি + লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়

$= ১২১৪৮\cdot২ + ৮৫২$

$= ১৩০০০$ ওয়াট।

জেনারেটারের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি $= VI_l = ১১০ \times ১০০$

$= ১১০০০$ ওয়াট।

$\therefore$ সমবেত কর্মক্ষমতা $= \frac{\text{জেনারেটারের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{জেনারেটারের গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি}}$

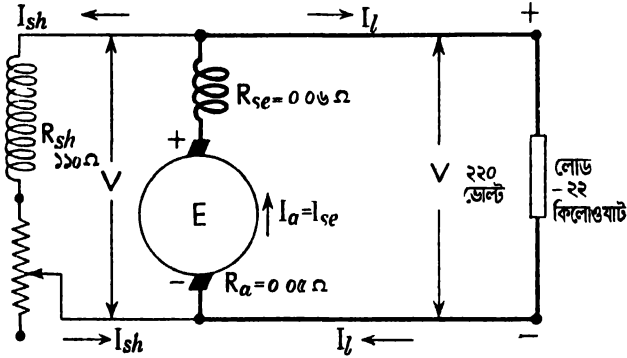
$= \frac{১১০০০}{১৩০০০}$

$= ০\cdot৮৪৬$, অর্থাৎ $\underline{৮৪\cdot৬\%}$।

উদাহরণ ৭-৪। একটি লং-সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার বাহিরের বর্তনীতে ২২০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে ২২ কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক-শক্তি সরবরাহ করে। আর্মেচার, সান্ট ফীল্ড ও সিরিজ ফীল্ডের রোধ যথাক্রমে ০.০৫ ওম, ১১০ ওম এবং ০.০৬ ওম। যদি জেনারেটারের কর্মক্ষমতা শতকরা ৮৮ ভাগ হয়, তবে

(ক) তামার অংশের মোট অপচয়, আর

(খ) লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয় একত্রে

কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

১৫৭(খ)নং চিত্র

এখানে লোড = ২২ কিলোওয়াট = ২২০০০ ওয়াট,

$V = ২২০$ ভোল্ট,

$R_a = ০.০৫$ ওম,

$R_{se} = ০.০৬$ ওম,

$R_{sh} = ১১০$ ওম, আর

জেনারেটারের

কর্মক্ষমতা = ৮৮%।

$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২২০}{১১০} = ২.০$ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $I_l = \frac{\text{লোড}}{V_l} = \frac{২২০০০}{২২০} = ১০০$ অ্যাম্পিয়ার।

$\therefore\ I_a = I_l + I_{sh} = ১০০ + ২.০$

$= ১০২$ অ্যাম্পিয়ার।

(ক) আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $= I_a^2 R_a = (১০২)^২ \times ০.০৫$

$= ৫২০.২$ ওয়াট,

সিরিজ ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_a^2 R_{se} = (১০২)^২ \times ০.০৬$

$= ৬২৪.২৪$ ওয়াট,

এবং সাণ্ট ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_{sh}^2 R_{sh} = VI_{sh} =$ ২২০ × ২
$=$ ৪৪০ ওয়াট।

∴ তামার অংশের মোট অপচয় $=$ ৫২০'২ $+$ ৬২৪'২৪ $+$ ৪৪০
$=$ ১৫৮৪'৪৪ ওয়াট।

(খ) আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ $E = V + I_a R_a + I_a R_{se}$
$=$ ২২০ $+$ ১০২ × ০'০৫ $+$ ১০২ × ০'০৬
$=$ ২৩১'২২ ভোল্ট,

∴ আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি $= EI_a =$ ২৩১'২২ × ১০২
$=$ ২৩৫৮৪ ওয়াট।

জেনারেটারের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি $=$ লোড $=$ ২২০০০ ওয়াট।
যেহেতু নির্দিষ্টভাবে কিছু বলা হয় নাই, অতএব
জেনারেটারের কর্মক্ষমতা $=$ ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা $=$ ৮৮%।

∴ জেনারেটারের গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি

$$= \frac{\text{জেনারেটারের উৎপাদিত শক্তি} \times ১০০}{\text{জেনারেটারের শতকরা কর্মক্ষমতা}}$$

$$= \frac{২২০০০ \times ১০০}{৮৮} = ২৫০০০ \text{ ওয়াট},$$

এবং লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয় $=$ জেনারেটারের গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি
$-$ আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি
$=$ ২৫০০০ $-$ ২৩৫৮৪
$=$ ১৪১৬ ওয়াট।

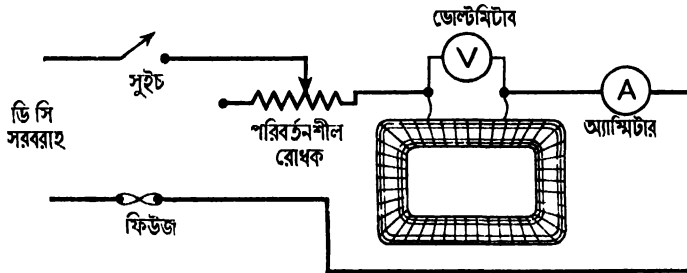
৭-৩। ডি. সি. মেসিনের তামার অংশের অপচয় পরিমাপ করা (Measurement of Copper Losses of D. C. Machines)

তামার অংশের অপচয় মাপিতে হইলে সেই অংশের রেজিস্ট্যান্স কত, প্রথমে তাহা জানা প্রয়োজন; পরে ঐ রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়া যত কারেণ্ট যায়, তাহার বর্গফলকে রেজিস্ট্যান্স দিয়া গুণ করিলেই তামার অংশের অপচয় পাওয়া যায়। কিন্তু এই রেজিস্ট্যান্স তামার অংশের গরম অবস্থার রেজিস্ট্যান্স, অর্থাৎ কার্যক্ষেত্রে ব্যবহৃত উচ্চতম রেজিস্ট্যান্স হওয়া চাই। দুইভাবে গরম অবস্থার রেজিস্ট্যান্স মাপা যায়:

(১) তামার অংশ দিয়া ক্রমান্বয়ে ৬ ঘণ্টা হইতে ৮ ঘণ্টা কাল ধরিয়া পূরা কারেণ্ট পাঠাইয়া তাহাকে তপ্ত করিয়া লওয়া, পরে গরম অবস্থাতেই তাহার রেজিস্ট্যান্সকে মাপা। এই উপায়ে তামাকে গরম করিবার সময় শীঘ্র গরম করিবার জন্য কখন কখন অতিরিক্ত কারেণ্ট তাহা দিয়া পাঠানো হইয়া থাকে। কিন্তু ইহাতে সতর্কতা অবলম্বন না করিলে তামার কিংবা ইন্সুলেশনের ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

(২) ঠাণ্ডা অবস্থাতেই তামার অংশের রেজিস্ট্যান্সকে মাপিয়া লইয়া পরে গরম হইলে ঐ রেজিস্ট্যান্স কত হইবে, তাহা অঙ্ক কষিয়া বাহির করা।

সাধারণভাবে রেজিস্ট্যান্স মাপিবার যে প্রথা প্রচলিত আছে তাহা এই যে, তামার অংশ দিয়া উপযুক্ত পরিমাণে কারেণ্ট পাঠাইয়া তাহা একটি অ্যাম্মিটারের সাহায্যে পরিমাপ করা ; সঙ্গে সঙ্গে কারেণ্ট প্রবাহিত হওয়ার ফলে ঐ তামার অংশের দুই প্রান্তের মধ্যে যতটা চাপের ঘাটতি হয়, তাহা একটি উপযুক্ত ভোণ্টমিটারের সাহায্যে যথাসম্ভব ভাল করিয়া মাপা। এখন, ভোণ্টমিটারের নির্দেশকে (reading) অ্যাম্মিটারের নির্দেশ দিয়া ভাগ করিলেই ভাগফল তামার অংশের রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ নির্দেশ করিবে।

উদাহরণস্বরূপ মনে কর, কোন মেসিনের ফীল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্স মাপিতে হইবে। এই কাজে উপযুক্ত পাল্লার (range) একটি অ্যাম্মিটার, একটি ভোণ্টমিটার এবং একটি পরিবর্তনশীল রোধক (rheostat) প্রয়োজন হয়। অ্যাম্মিটার কয়েলের সহিত সিরিজে লাগানো থাকে, আর বর্তনী দিয়া যত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহা অ্যাম্মিটারের সাহায্যে মাপা হয়। ভোণ্টমিটার কয়েলের দুই প্রান্তেব মধ্যে যুক্ত থাকে। তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার সময় কয়েলে যতটা তড়িৎ-চাপের ঘাটতি হয়, ভোণ্টমিটার তাহা নির্দেশ করে। আর পবিবর্তনশীল রোধকের রেজিস্ট্যান্স কম-বেশী করিয়া বর্তনীর তড়িৎ-প্রবাহকে নিয়ন্ত্রণ করা চলে। এই সকল যন্ত্রপাতি বর্তনীতে কিভাবে সংযুক্ত থাকে, তাহা ১৫৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

ফীল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্স মাপিবার জন্ম অ্যাম্মিটার ও ভোণ্টমিটারের সংযোগ

১৫৮নং চিত্র

যে রেজিস্ট্যান্সকে মাপিতে হইবে, তাহাব পরিমাণ বেশী হইবে না কম হইবে সেই সম্বন্ধে একটা আন্দাজ প্রথমেই করিয়া লইতে হয়, নইলে যন্ত্রপাতির পাল্লা ঠিক করা যায় না। মেসিনের আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স সাধারণতঃ কম, আর সাণ্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স বেশী হইয়া থাকে। মেসিন যত বড় হয়, আর্মেচারেব রেজিস্ট্যান্সও ততই কমে। সিরিজ ফীল্ড আর সহায়ক পোলের রেজিস্ট্যান্সও কম হয়, কারণ আর্মেচার, সিরিজ ফীল্ড আর সহায়ক পোলের কয়েল দিয়া আর্মেচার-কারেণ্ট যায়। তাই ইহাদের রেজিস্ট্যান্স বেশী হইলে মেসিনে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি বৃদ্ধি পায়। যে-কোন মেসিনের পক্ষেই ইহা বাঞ্ছনীয় নহে। অন্তদিকে আবার সাণ্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স বেশী

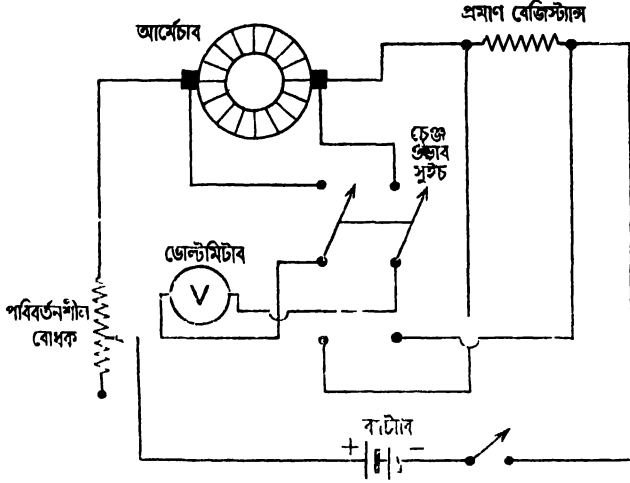
না হইলে ঐ কয়েলের দুই প্রান্ত লাইনের মধ্যে সর্ট-সারকিট করিয়া দেয়। তখন মেসিন চলিবার সময় ফীল্ড-কয়েল পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে।

বর্তনীতে সব কয়টি যন্ত্রপাতি সংযুক্ত করা হইয়া গেলে পরিবর্তনশীল রোধকে যথাসম্ভব বেশী রাখিয়া তবে সরবরাহ লাইনের সুইচ বন্ধ করিতে হয়। সম্ভব হইলে যে সুইচে ফিউজ-তার লাগানো থাকে, সেইরূপ একটি সুইচ ব্যবহার করা উচিত। ইহাতে কোন কিছু পুড়িয়া যাইবার আশঙ্কা থাকে না। সুইচ বন্ধ করিবামাত্র অ্যাম্মিটারে কিছু কারেণ্ট আর ভোল্টমিটারে কিছু চাপের ঘাটতি দেখায়। ভোল্টমিটারের নির্দেশকে তখন অ্যাম্মিটারের নির্দেশ দ্বারা ভাগ করিলেই কয়েলের রেজিস্ট্যান্স পাওয়া যায়।

কয়েলের রেজিস্ট্যান্স সঠিকভাবে মাপিতে হইলে অ্যাম্মিটারে আর ভোল্টমিটারে একাধিক নির্দেশ পাওয়া দরকার। সেইজন্য প্রথমবার কয়েলের রেজিস্ট্যান্স মাপা হইয়া গেলে পরে একটু একটু করিয়া পরিবর্তনশীল রোধকের রেজিস্ট্যান্সকে কমাইয়া দিতে হয়। ইহাতে কয়েল দিয়া পূর্বাপেক্ষা বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করে, আর একই সঙ্গে কয়েলের মধ্যে তড়িৎ-চাপের ঘাটতির পরিমাণও বৃদ্ধি পায়। যখনই পরিবর্তনশীল রোধ কিছু কম করা হয়, তখনই ভোল্ট-মিটার আর অ্যাম্মিটারের নির্দেশ পড়িয়া লইতে হয়, পরে প্রথমটিকে দ্বিতীয়টির দ্বারা ভাগ করিলেই ভাগফল কয়েলের রেজিস্ট্যান্স নির্দেশ করে। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, প্রত্যেক বারের ভাগফলই অন্যান্য বারের তুলনায় কিছুটা আলাদা হয়। যখন সবগুলি ভাগফল নির্ণয় করা শেষ হয়, তখন তাহাদের একত্রে যোগ করিয়া ঐ যোগফলকে মিটারে যতবার নির্দেশ পড়া হইয়াছে তাহার সংখ্যা দিয়া ভাগ করিলে রেজিস্ট্যান্সের "গড়-মূল্য" (average value) পাওয়া যায়। এই গড়-মূল্য কয়েলের প্রকৃত রেজিস্ট্যান্সের খুব কাছাকাছি হয় বলিয়া নির্ভুলভাবে তামার অংশের অপচয় হিসাব করিতে গড়-মূল্যকেই সর্বত্র ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

আর্মেচার প্রভৃতির রেজিস্ট্যান্স অতিশয় নগণ্য বলিয়া উপরে যে পদ্ধতির কথা বলা হইল, তাহার সাহায্যে এই রেজিস্ট্যান্স খুব বেশী নির্ভুলভাবে মাপা যায় না। তাই আর্মেচার, সিরিজ ফীল্ড, সহায়ক পোলের কয়েল প্রভৃতির রেজিস্ট্যান্স অনেক সময় ১৫২নং চিত্রে যেভাবে দেখানো হইয়াছে, সেই উপায়ে পরিমাপ করা হইয়া থাকে।

মেসিনের যে অংশের রেজিস্ট্যান্স যত হওয়া সম্ভব, তাহারই কাছ-বরাবর একটি "প্রমাণ" (standard) মাপের রেজিস্ট্যান্স, দুইটি বৈদ্যুতিক সেল (electric cell), একটি পরিবর্তনশীল রোধক আর একটি সুইচকে ১৫৯নং চিত্র অনুযায়ী সংযুক্ত করিতে হইবে। চেঞ্জ-ওভার সুইচের সাহায্যে একটি ভোল্টমিটারও বর্তনীতে সংযুক্ত থাকিবে। প্রথমে পরিবর্তনশীল রোধকে সর্বাপেক্ষা বেশী রাখিয়া চেঞ্জ-ওভার সুইচকে উপরের দিকে তুলিয়া দিতে হইবে। ইহাতে আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্সের জন্য দুই ব্রাশের মধ্যে চাপের যে ঘাটতি হয়, ভোল্টমিটার তাহাই নির্দেশ করিবে। মনে কর,

এই নির্দেশ V_1-ভোল্টের সমান। এই নির্দেশ পড়া হইলে চেঞ্জ-ওভার সুইচকে নীচের দিকে নামাইয়া দিতে হইবে। তখন ভোল্টমিটারে যে নির্দেশ পাওয়া যাইবে, তাহা প্রমাণ মাপের রেজিস্ট্যান্সের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী তড়িৎ-চাপের ঘাটতির

তড়িৎ-চাপের ঘাটতির সাহায্যে খুব অল্প রেজিস্ট্যান্স মাপা
১৫৯ নং চিত্র

সমান থাকিবে। মনে কর, এই ঘাটতি V_2-ভোল্টের সমান। যেহেতু আর্মেচার আর প্রমাণ মাপের রেজিস্ট্যান্স পরস্পরের সহিত সিরিজে থাকে, অতএব একই সময়ে তাহাদের মধ্য দিয়া একই কারেণ্ট প্রবাহিত হইবে। তাই প্রত্যেকটিতে যে পরিমাণ চাপের ঘাটতি হইবে, তাহা তাহাদের রেজিস্ট্যান্সের সমানুপাতি থাকিবে। যদি আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স R_a ওম আর প্রমাণ মাপের রেজিস্ট্যান্স R ওম হয়, তবে বর্তনী দিয়া I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার সময়

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{IR_a}{IR}=\frac{R_a}{R}$$

হইবে। সুতরাং

$$R_a=\frac{V_1 \times R}{V_2} \text{ ওম}$$

হইবে। যেহেতু R-এর পরিমাণ জানা আছে, অতএব এখন আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স অঙ্ক কষিয়া বাহির করা যাইবে।

এইভাবে পরিবর্তনশীল রোধকে কম-বেশী করিয়া আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স একাধিকবার মাপা হয়। সাধারণতঃ প্রত্যেক বারের পরীক্ষার ফল অন্যান্য বারের তুলনায় সামান্য কিছুটা কম-বেশী হইয়া থাকে। পরে সবগুলি পরীক্ষার ফল একত্র করিয়া গড়-মূল্য নির্ণয় করিলে তাহাই আর্মেচারের প্রকৃত রেজিস্ট্যান্স হয়।

উত্তাপ সংশোধন (Temperature Correction)

বৈদ্যুতিক পরিবাহী যে ধাতু দিয়াই তৈরী হউক না কেন, যতই ধাতুর উত্তাপ বাড়ে, ততই পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পাইতে থাকে। সেইজন্য উত্তাপ কত তাহা না জানিলে, কোন্ অংশের রেজিস্ট্যান্স কত হইবে তাহাও বলা যায় না। কেবলমাত্র ঠাণ্ডা অবস্থার রেজিস্ট্যান্স জানা কোন পরিবাহীর পক্ষে যথেষ্ট নহে।

উত্তাপের সঙ্গে সঙ্গে রেজিস্ট্যান্স কি হিসাবে বৃদ্ধি পায়, তাহা নিম্নে বলা হইল :

শূন্য ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উত্তাপে যদি কোন পরিবাহীর রোধ R_o ওম থাকে, আর উত্তাপ যখন ১ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড হয়, তখন যদি ঐ রোধ x ওম পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, তবে x এবং R_o—এই দুইয়ের অনুপাতকে $\left(\text{অর্থাৎ } \frac{x}{R_o}\right)$ পরিবাহীর ধাতুর "উত্তাপ গুণাঙ্ক" (temperature co-efficient) বলে। তামার উত্তাপ গুণাঙ্ক সাধারণতঃ ০·০০৪২ কিংবা তাহার কাছাকাছি হয় ; অর্থাৎ শূন্য ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উত্তাপে যদি এক টুকরা তামার তারের রোধ ১ ওম থাকে, তবে ১ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উত্তাপে ঐ তারের রোধ ১·০০৪২ ওম হইবে। কিন্তু যদি প্রারম্ভিক উত্তাপ (initial temperature) শূন্য ডিগ্রী না হইয়া বেশী হয়, তবে সেই অনুসারে গুণাঙ্কের রাশিরও তফাৎ হইয়া থাকে ; কারণ উত্তাপ গুণাঙ্ক যেমন ধাতুর উপর, তেমনি উত্তাপের উপরেও নির্ভরশীল। পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, 't' ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উত্তাপে যদি কোন পরিবাহীর রোধ R_t ওম হয়, তবে

$$R_t = R_o (১ + \alpha\ t) \text{ ওম}$$

হইবে। এখানে 'α' (আল্‌ফা)—এই সঙ্কেতের সাহায্যে শূন্য ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে উত্তাপ গুণাঙ্ককে নির্দেশ করা হইয়াছে।

আবার যদি T ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উত্তাপে পরিবাহীর রোধ R_T ওম হয়, আর t অপেক্ষা T বড় হয়, তবে

$$R_T = R_t\{১ + \alpha_t(T - t)\} \text{ ওম}$$

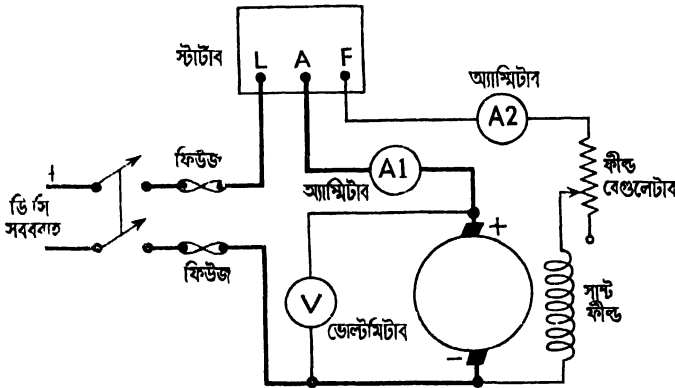
হইবে। এখানে α_t ধাতুর উত্তাপ গুণাঙ্কের পরিমাণ t ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে যত হয়, তাহাই নির্দেশ করে।

সুতরাং ডি সি. মেসিনের বিভিন্ন অংশের রেজিস্ট্যান্স ঠাণ্ডা অবস্থায় মাপা হইলেও ঐ সকল রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ যে-কোন উত্তাপে কত হইতে পারে, তাহা উপরের সূত্র দুইটির সাহায্যে বাহির করা যায়। মেসিন পুরা লোডসহ অনবরত চলিবার সময় উত্তাপ বৃদ্ধি পাইয়া যত ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত ওঠে, তাহা একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে মাপা হয়। পরে সেই উত্তাপ অনুযায়ী মেসিনের বিভিন্ন অংশের রোধ যখন অঙ্ক কষিয়া বাহির করা হয়, তখন তাহাকে রেজিস্ট্যান্সের "উত্তাপ সংশোধন" বলে। উত্তাপ সংশোধনের পরে আর্মেচার, ফীল্ড প্রভৃতির যে রেজিস্ট্যান্স পাওয়া যায়, তাহার সাহায্যেই তামার অংশের অপচয় নির্ধারণ করা হইয়া থাকে।

৭-৪। ডি. সি. মেসিনের যান্ত্রিক অপচয় বা স্ট্রে পাওয়ার লস পরিমাপ করা (Measurement of Stray Power Losses of D. C Machines)

ডি. সি. মেসিনের স্ট্রে পাওয়ার লস পরিমাপ করিবার জন্য বিভিন্ন দেশে বিভিন্ন প্রকার নিয়ম প্রচলিত আছে। আমাদের দেশে যে দুইটি পদ্ধতি অনুসরণ করিয়া এই পরীক্ষার কাজ চালানো হয়, তাহা ব্রিটিশ পদ্ধতি। ইহাদের একটিতে মেসিন লোডশূন্য অবস্থায় আর অন্যটিতে পূরা লোডসহ পরিচালিত হয়, আর বৈদ্যুতিক কারিগরিতে ইহারা যথাক্রমে "সুইনবার্ণের পরীক্ষা" (Swinburne's Test) আর "হপ্‌কিন্সনের পরীক্ষা" (Hopkinson's Test) নামে পরিচিত।

(১) সুইনবার্ণ টেস্ট বা লোডশূন্য অবস্থায় মেসিনের পরীক্ষা (Swinburne Test or No-Load Test)

এই পদ্ধতির সাহায্যে পরীক্ষা করিবার সময় মেসিনে কোন লোড দেওয়ার প্রয়োজন হয় না। মেসিনকে উপযুক্ত ভোল্টেজের সরবরাহ লাইনে যোগ করিয়া প্রথমে মোটর হিসাবে হালকাভাবে চালানো হয়। ঐ সময় মেসিন সরবরাহ লাইন হইতে যে পরিমাণ তড়িৎ-শক্তি গ্রহণ করে, তাহা অ্যাম্মিটার ও ভোল্টমিটারের নির্দেশ হইতে পড়িয়া লইয়া মেসিনের গায়ে "নাম-ফলক" (name-plate)-এ যে-সকল তথ্য দেওয়া থাকে, তাহা একটি আলাদা কাগজে লিখিয়া রাখিতে হয়। পরে আর্মেচার আর

সুইনবার্ণের পদ্ধতির সাহায্যে ডি. সি. সান্ট মোটরের পরীক্ষা
১৬০নং চিত্র

ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স মাপা হইয়া গেলে লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়, তামার অংশের অপচয় আর মেসিনের কর্মক্ষমতা অঙ্ক কষিয়া বাহির করা যায়। সাধারণতঃ সান্ট আর কম্পাউণ্ড মেসিনের উপরেই এই পরীক্ষা করা হইয়া থাকে।

কার্যপ্রণালী :—

১। ফিউজ-তার যুক্ত সুইচের সাহায্যে মোটর কিভাবে সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত থাকে, আর মোটরের সঙ্গে স্টার্টার ও একটি ভোল্টমিটার, আর্মেচারের সঙ্গে

একটি অ্যাম্মিটার এবং সাণ্ট ফীল্ডের সঙ্গে আর একটি অ্যাম্মিটার কিভাবে সংযুক্ত করা হয়, তাহা ১৬০ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

২। মেসিনকে উপযুক্ত ভোল্টেজের সরবরাহ লাইনে সংযুক্ত করিয়া প্রায় এক ঘণ্টা যাবৎ হালকাভাবে চালাইতে হয়। ইহাতে বেয়ারিং পরিমাণমত তেল পায়, আর লোডসহ চলিবার সময় মেসিন যে অবস্থায় থাকে, যতদূর সম্ভব সেই অবস্থায় চলিতে পারে ; নইলে এই পরীক্ষা খুব নির্ভুলভাবে করা চলে না।

৩। হালকাভাবে চলিবার সময় মোটরের আর্মেচার যে পরিমাণ কারেণ্ট গ্রহণ করে, তাহা A1-দ্বারা চিহ্নিত অ্যাম্মিটারের নির্দেশ হইতে পাওয়া যায়। মনে কর, এই কারেণ্টের পরিমাণ I_{ao} অ্যাম্পিয়ার।

৪। ঘরের উত্তাপ (room temperature) কত তাহা দেখিতে হয়, আর সেই উত্তাপে আর্মেচার ও ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স মাপা হয়।

৫। মোটরের ফীল্ড দিয়া কত কারেণ্ট যাইতেছে, তাহা A2-দ্বারা চিহ্নিত অ্যাম্মিটারের সাহায্যে মাপা হয়। মনে কর, এই কারেণ্টের পরিমাণ I_{sh} অ্যাম্পিয়ার।

৬। সরবরাহ লাইন হইতে কত তড়িৎ-চাপে মোটর বিদ্যুৎ পায়, তাহা V-দ্বারা চিহ্নিত ভোল্টমিটারের নির্দেশ হইতে জানা যায়। মনে কর, এই তড়িৎ-চাপের পরিমাণ V ভোল্ট।

৭। মেসিনের গায়ে যে নাম-ফলক আছে, তাহা হইতে মেসিনের উৎপাদিত অশ্ব-শক্তি কিংবা কিলোওয়াট কত, পুরা লোডে মেসিন কত কারেণ্ট গ্রহণ করে, মেসিন ঠিক কত ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী প্রভৃতি তথ্য পাওয়া যায়।

কর্মক্ষমতার হিসাব :—

মোটর হালকাভাবে চলিবার সময় সরবরাহ লাইন হইতে মোট যে পরিমাণ কারেণ্ট গ্রহণ করে, তাহা যদি I_{lo}-দ্বারা চিহ্নিত করা যায়, তবে

$$I_{lo}=I_{ao}+I_{sh} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে, আর ঐ সময় মোটরের

$$\text{গৃহীত মোট তড়িৎ-শক্তি}=VI_{lo} \text{ ওয়াট}$$

হইবে। এই গৃহীত শক্তি হইতে আর্মেচার এবং ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় বাদ দিলে বাকী যাহা থাকিবে, তাহাই মোটরের লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়ের সমষ্টি হইবে। এই অপচয় অপরিবর্তনীয় বলিয়া লোডের সকল অবস্থাতেই তাহা সমান থাকিবে।

এখন মনে কর, গরম অবস্থায় আর্মেচারের রোধ R_a ওম। অতএব মেসিন হালকাভাবে চলিবার সময়

$$\text{আর্মেচারের তামার অংশের অপচয়}=I_{ao}^2R_a \text{ ওয়াট}$$

হইবে। কিন্তু সাণ্ট ফীল্ডের অপচয় অপরিবর্তনীয়। তাই লোডের সকল অবস্থাতেই

$$\text{সাণ্ট ফীল্ডের তামার অংশের অপচয়}=VI_{sh} \text{ ওয়াট}$$

থাকিবে। মেসিন লোডশূন্য অবস্থায় পরিচালিত হয় বলিয়া উহার উৎপাদিত শক্তি কিছু নাই। সুতরাং গৃহীত মোট তড়িৎ-শক্তি মোটরের এই অবস্থায় নানা প্রকার অপচয়ের সমষ্টির সমান হইবে। অতএব

লোহার অংশের আর ঘর্ষণের অপচয়,

অর্থাৎ মেসিনের স্ট্রে পাওয়ার লস $W_s = VI_{lo} - (I_{ao}^2 R_a + VI_{sh})$ ওয়াট।

এইবার মোটরের কর্মক্ষমতা কত, তাহা অঙ্ক কষিয়া বাহির করিতে হইবে। মনে কর নাম-ফলক হইতে জানা গেল যে, পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটর সরবরাহ লাইন হইতে I_l অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে। অতএব মেসিনে পূরা লোড পড়িলে

$$\text{আর্মেচার-কারেণ্ট } I_a = I_l - I_{sh} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\text{আর্মেচারের তামার অংশের অপচয়} = I_a^2 R_a \text{ ওয়াট, আর}$$

$$\text{ফীল্ডের তামার অংশের অপচয়} = VI_{sh} \text{ ওয়াট}$$

হইবে। সুতরাং তামার অংশের মোট অপচয় $W_c = I_a^2 R_a + VI_{sh}$ ওয়াট হইবে।

আবার, মোটরের গৃহীত শক্তি বা ইনপুট $= VI_l$ ওয়াট।

$$\text{সুতরাং মোটরের কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{গৃহীত শক্তি} - (\text{তামার অংশের অপচয়} + \text{লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়})}{\text{গৃহীত শক্তি}}$$

$$= \frac{VI_l - (W_c + W_s)}{VI_l},$$

$$\text{আর \% কর্মক্ষমতা} = \frac{VI_l - (W_c + W_s)}{VI_l} \times ১০০\text{।}$$

উদাহরণ ৭-৫। একটি ২৫০ ভোল্টের সাণ্ট মোটর সরবরাহ লাইন হইতে লোডশূন্য অবস্থায় ৪ অ্যাম্পিয়ার, আর পূরা লোডসহ চলিবার সময় ৬০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে। আর্মেচারের রোধ ০·৩ ওম এবং সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ২৫০ ওম। যদি মোটরে পূরা লোড দেওয়া হয়, তবে উহার কর্মক্ষমতা আর উৎপাদিত অশ্ব শক্তি (output horse power) কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ২৫০$ ভোল্ট,

$I_{lo} = ৪$ অ্যাম্পিয়ার,

$I_l = ৬০$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_a = ০·৩$ ওম, আর

$R_{sh} = ২৫০$ ওম।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২৫০}{২৫০} = ১·০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

মোটরের লোডশূন্য অবস্থায় :—

$$I_{ao} = I_{lo} - I_{sh} = ৪ - ১$$

$$= ৩·০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

লোহার অংশের ও

ঘর্ষণের অপচয় $W_i = VI_{lo} - (I^2_{ao}R_a + VI_{sh})$

$= ২৫০ \times ৪ - (৩^২ \times ০\text{'}৩ + ২৫০ \times ১)$

$= ১০০০ - (২\text{'}৭ + ২৫০)$

$= ৭৪৭\text{'}৩$ ওয়াট।

<u>মোটরে পুরা লোড দেওয়া অবস্থায়</u> :—

$I_a = I_l - I_{sh} = ৬০ - ১$

$= ৫৯\text{'}০$ অ্যাম্পিয়ার।

আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $= I^2_a R_a = (৫৯)^২ \times ০\text{'}৩$

$= ১০৪৪\text{'}৩$ ওয়াট,

এবং ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= VI_{sh} = ২৫০ \times ১$

$= ২৫০$ ওয়াট।

সুতরাং তামার অংশের মোট অপচয় $W_c = ১০৪৪\text{'}৩ + ২৫০$

$= ১২৯৪\text{'}৩$ ওয়াট।

মোটরের গৃহীত শক্তি $= VI_l = ২৫০ \times ৬০$

$= ১৫০০০$ ওয়াট।

সুতরাং মোটরের কর্মক্ষমতা $= \dfrac{VI_l - (W_c + W_i)}{VI_l} \times ১০০$

$= \dfrac{১৫০০০ - (১২৯৪\text{'}৩ + ৭৪৭\text{'}৩)}{১৫০০০} \times ১০০$

$= \dfrac{১৫০০০ - ২০৪১\text{'}৬}{১৫০০০} \times ১০০$

$= ৮৬\text{'}৪\%$।

মোটরেব উৎপাদিত অশ্ব-শক্তি $= \dfrac{VI_l - (W_c + W_i)}{৭৪৬}$

$= \dfrac{১৫০০০ - ২০৪১\text{'}৬}{৭৪৬}$

$= ১৭\text{'}৩৭$ অশ্ব-শক্তি।

উদাহরণ ৭-৬। একটি ডি. সি. সাণ্ট মেসিন জেনারেটার হিসাবে চলিবার সময় প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোরে, এবং বাহিরের বর্তনী খোলা থাকিলে ২৫০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করে। আর্মেচারের রোধ ০'৫ ওম এবং সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ২৫০ ওম। যদি মোটর হিসাবে চলিবার সময় ঐ মেসিন ২৫০ ভোল্টের সরবরাহ লাইন হইতে লোডশূন্য অবস্থায় ৪ অ্যাম্পিয়ার, আর পুরা লোডসহ চলিবার সময় ৪০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, তবে পুরা লোডসহ চলিবার সময় উহার গতিবেগ আর কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। মোটরে যখন পুরা লোড দেওয়া হয়, তখন আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার দরুন চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা শতকরা ৪ ভাগ হ্রাস পায়।

মেসিন যখন জেনারেটার হিসাবে চলে :—

গতিবেগ N_g = প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক,

E = ২৫০ ভোল্ট, আর

চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখা = ϕ ওয়েবার।

$E = kN_g \times \phi$ (k একটি অপরিবর্তনীয় সংখ্যা),

$$\therefore \quad k = \frac{E}{N \times \phi} = \frac{২৫০}{১০০০\phi}$$

$$= \frac{১}{৪\phi}।$$

মেসিন যখন মোটর হিসাবে চলে :—

R_a = ০·৫ ওম,

I_{l_0} = ৪ অ্যাম্পিয়ার,

R_{sh} = ২৫০ ওম,

V = ২৫০ ভোল্ট,

I_l = ৪০ অ্যাম্পিয়ার, আর

চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখা = $\phi' = \frac{৯৬}{১০০}\phi = ০·৯৬\phi$ ওয়েবার (বলরেখার সংখ্যা ৪% হ্রাস পায় বলিয়া)।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২৫০}{২৫০}$$

= ১·০ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $I_a = I_l - I_{sh}$ = ৪০ − ১

= ৩৯·০ অ্যাম্পিয়ার।

$\therefore \quad E_b' = V - I_a R_a$ = ২৫০ − ৩৯ × ০·৫

= ২৩০·৫ ভোল্ট।

আবার $E_b = kN_m\phi'$ (এখানে N_m মোটরের গতিবেগ নির্দেশ করিতেছে)।

$$\therefore \quad N_m = \frac{E_b}{k\phi'} = \frac{২৩০·৫}{\frac{১}{৪\phi} \times ০·৯৬\phi}$$

$$= \frac{২৩০·৫ \times ৪}{০·৯৬}$$

= ৯৬০ পাক,

অর্থাৎ পুরা লোডসহ চলিবার সময় মোটর প্রতি মিনিটে ৯৬০ পাক ঘুরিবে।

আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় = $I_a^2 R_a$ = (৩৯)^২ × ০·৫

= ৭৬০·৫ ওয়াট,

এবং ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= VI_{sh} =$ ২৫০ × ১·০
$=$ ২৫০·০ ওয়াট,

সুতরাং মোটরের তামার অংশের মোট অপচয়

$W_c =$ ৭৬০·৫ + ২৫০·০ = ১০১০·৫ ওয়াট।

আবার $I_{l_0} =$ ৪·০ অ্যাম্পিয়ার,

$\therefore \quad I_{a_0} = I_{l_0} - I_{sh} =$ ৪·০ − ১·০
$=$ ৩·০ অ্যাম্পিয়ার।

অতএব লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়

$W_i = VI_{l_0} \quad (I_{a_0}^2 R_a + VI_{sh})$
$=$ ২৫০ × ৪ − (৩² × ০·৫ + ২৫০ × ১)
$=$ ৭৪৫ ৫ ওয়াট।

পূরা লোডে মোটরের গৃহীত শক্তি $= VI_l =$ ২৫০ × ৪০
$=$ ১০০০০ ওয়াট,

সুতরাং মোটরের কর্মক্ষমতা $= \dfrac{VI_l - (W_c + W_i)}{VI_l} \times$ ১০০

$= \dfrac{১০০০০ - (১০১০·৫ + ৭৪৫·৫)}{১০০০০} \times$ ১০০

$=$ ৮২·৪৪%।

উদাহরণ ৭-৭। একটি ২৫০ কিলোওয়াট ২৩০ ভোল্টের কম্পাউণ্ড জেনারেটার ২৩০ ভোল্টে ৮০০ এম্পিয়ার দেয়। উহার সান্ট ফিল্ডের কারেন্ট ১২ এম্পিয়ার। আর্মেচারের রেজিস্টান্স ০ ০০৭ ওহ্ম এবং সিরিজ ফিল্ডের রেজিস্টান্স ০ ০০২ ওহ্ম। উহার স্ট্রে পাওয়ার লস্ ৫৫০০ ওয়াটস্। উক্ত জেনারেটারটি লং সান্টে যুক্ত আছে। এই লোডে উহার এফিসিয়েন্সি কত হইবে, বাহির কর। (Elec. Sup., July, 1971)

এখানে $V =$ ২৩০ ভোল্ট,
$I_l =$ ৮০০ অ্যাম্পিয়ার,
$I_{sh} =$ ১২ অ্যাম্পিয়ার,
$R_a =$ ০·০০৭ ওম;
$R_{se} =$ ০·০০২ ওম, আর
স্ট্রে পাওয়ার লস = ৫৫০০ ওয়াট।
$I_a = I_l + I_{sh} =$ ৮০০ + ১২
$=$ ৮১২ অ্যাম্পিয়ার।

আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $= I_a^2 R_a =$ (৮১২)² × ০·০০৭
$=$ ৪৬১৬ ওয়াট।

মেসিন লং-সাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটার বলিয়া আর্মেচার-কারেণ্টের সমস্তটাই সিরিজ ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হইবে। সুতরাং

সিরিজ ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_a^2 R_{se} = (৮১২)^2 \times ০.০০২$

$= ১৩১৯$ ওয়াট,

এবং সাণ্ট ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= VI_{sh} = ২৩০ \times ১২$

$= ২৭৬০$ ওয়াট।

অতএব জেনারেটারের তামার অংশের মোট অপচয়

$W_c = ৪৬১৬ + ১৩১৯ + ২৭৬০$

$= ৮৬৯৫$ ওয়াট।

লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়, অর্থাৎ স্ট্রে পাওয়ার লস

$W_s = ৫৫০০$ ওয়াট।

জেনারেটারের উৎপাদিত শক্তি $= VI_l = ২৩০ \times ৮০০$

$= ১৮৪০০০$ ওয়াট,

সুতরাং জেনারেটারের কর্মক্ষমতা $= \dfrac{VI_l}{VI_l + (W_c + W_s)} \times ১০০$

$= \dfrac{১৮৪০০০}{১৮৪০০০ + (৮৬৯৫ + ৫৫০০)} \times ১০০$

$= ৯২.৮৩\%$।

সুইনবার্ণের পদ্ধতির সাহায্যে মেসিন পরীক্ষা করার সুবিধা ও অসুবিধা

সুইনবার্ণের পদ্ধতির সাহায্যে ডি. সি মেসিন পরীক্ষা করিলে বিশেষ কয়েকটি সুবিধা পাওয়া যায়। যেমন—

(১) খুব বড মেসিনের কর্মক্ষমতাও এই পদ্ধতির সাহায্যে নির্ণয় করা চলে।

(২) মেসিন লোডশূন্য অবস্থায় পরিচালিত হয় বলিয়া পরীক্ষার কাজে খুব অল্প পরিমাণ তড়িৎ-শক্তির প্রয়োজন হয়।

(৩) পরীক্ষার কাজ খুব কম খরচে সম্পন্ন করা যায়।

(৪) মেসিন লোডশূন্য অবস্থায় পরিচালিত হইলেও উহার কর্মক্ষমতা লোডের যে-কোন অবস্থাতেই নির্ণয় করা চলে।

কিন্তু এই পদ্ধতির সাহায্যে মেসিন পরীক্ষা করিবার সময় কয়েকটি অসুবিধারও সম্মুখীন হইতে হয়। যেমন—

(১) মেসিনের বিভিন্ন অংশের উত্তাপ পূরা লোডসহ চলিবার সময় যতটা বৃদ্ধি পায়, লোডশূন্য অবস্থায় হালকাভাবে চলিবার সময় ততটা বৃদ্ধি পায় না। ফলে মেসিনের কর্মক্ষমতার উপর উত্তাপের বৃদ্ধি যে প্রভাব বিস্তার করে, এই পরীক্ষাতে তাহা সম্পূর্ণ অনুপস্থিত থাকে।

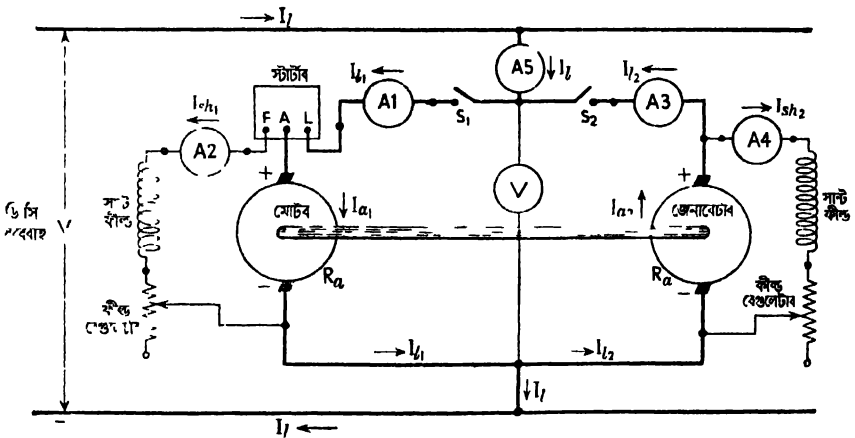
(২) পূরা লোডসহ চলিবার সময় মেসিনের কম্যুটেশন সন্তোষজনক হইবে কিনা, তাহা এই পরীক্ষা হইতে বুঝিতে পারা যায় না।

(৩) মেসিন হালকাভাবে চলে বলিয়া লোহার অংশ ও ঘর্ষণ জনিত অপচয় পূরা লোডের সমান হয় না। সেইজন্য এই পরীক্ষার ফলাফল হইতে অঙ্ক কষিয়া মেসিনের যে কর্মক্ষমতা বাহির করা হয়, তাহার সহিত প্রকৃত কর্মক্ষমতার বেশ কিছুটা পার্থক্য থাকিয়া যায়।

(৪) এই পদ্ধতির সাহায্যে সিরিজ মেসিন পরীক্ষা করা চলে না। কারণ সিরিজ মোটরের টার্মিনালে পূরা ভোল্টেজ দিয়া লোডশূন্য অবস্থায় মেসিনকে চালনা করিলে উহার গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক হইয়া ওঠে এবং অচিরেই মোটরটি সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হয়।

উপরি-উক্ত অসুবিধাগুলি দূর করিতে হইলে মেসিনে পূরা লোড দিয়া তবে পরীক্ষার কাজ চালানো উচিত। সেইজন্য এই পদ্ধতির পরিবর্তে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে ডি. সি. মেসিনের কর্মক্ষমতা নির্ণয় করা হইয়া থাকে।

(২) হপ্‌কিন্সনস্ টেস্ট বা রিজেনারেটিভ টেস্ট (Hopkinson's Test or Regenerative Test)

যখন সকল বিষয়ে ঠিক একই রকমের দুইটি মেসিন পাওয়া যায়, কেবলমাত্র তখনই হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে কোন ডি. সি. মেসিনকে পরীক্ষা করা চলে। সুইনবার্ণের পরীক্ষার ন্যায় এই পরীক্ষাও সাধারণতঃ সাণ্ট আর কম্পাউণ্ড মেসিনের

হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে দুইটি সাণ্ট মেসিনের পরীক্ষা

১৬১নং চিত্র

উপরেই করা হইয়া থাকে, তবে দুইটি মেসিনই পূরা লোডযুক্ত অবস্থায় পরিচালিত হয়। একটি মেসিনের আর্মেচার অক্ষটির সহিত "কাপ্‌লিং" (Coupling)-এর দ্বারা এমনভাবে সংযুক্ত থাকে যাহাতে তাহারা একত্রে আর একই গতিবেগে চলিতে পারে।

যে মেসিনে সরবরাহ লাইন হইতে কারেণ্ট দেওয়া হয়, তাহা মোটর হিসাবে চলে, আর অন্ত মেসিনটি জেনারেটার হিসাবে ঐ মোটরের দ্বারা পরিচালিত হয়। যেহেতু জেনারেটার নিজেই তড়িৎ-শক্তি উৎপন্ন করিয়া মোটরে পাঠায়, অতএব এই পরীক্ষার কাজ সম্পন্ন করিতে সরবরাহ লাইন হইতে খুব অল্প পরিমাণ শক্তিই গ্রহণ করা হইয়া থাকে।

পরীক্ষার সময় বর্তনীর বিভিন্ন অংশের তড়িৎ-প্রবাহ আর তড়িৎ-চাপ মাপিবার জন্ম পাঁচটি অ্যাম্মিটার আর একটি ভোল্টমিটারের প্রয়োজন হয়। প্রত্যেক মেসিনের লাইনে একটি করিয়া আর ফীল্ড-সারকিটে একটি করিয়া অ্যাম্মিটার সংযুক্ত থাকে। তাহা ছাড়া সরবরাহ লাইনে সংযুক্ত থাকে একটি অ্যাম্মিটার ও একটি ভোল্ট-মিটার। এই সকল মিটার সহ দুইটি সাণ্ট মেসিনের সংযোগ ১৬১ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

এখন মনে কর, চিত্র অনুযায়ী ডানদিকের মেসিনকে জেনারেটার আর বাঁ দিকের মেসিনকে মোটর হিসাবে ব্যবহার করিতে হইবে। এই উদ্দেশ্যে প্রথমে বাঁ দিকের সুইচটি (S_1-দ্বারা চিহ্নিত) বন্ধ করিয়া দিয়া স্টার্টারের সাহায্যে মোটরটিকে চালু করিতে হইবে, এবং উহার সাণ্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সকে কম-বেশী করিয়া মেসিন দুইটিকে তাহাদের স্বাভাবিক গতিবেগে ঘুরাইতে হইবে। পরে জেনারেটারের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ যতক্ষণ লাইন-ভোল্টেজের সমান না হয়, ততক্ষণ ঐ মেসিনের ফীল্ড-কারেণ্ট প্রয়োজনমত আস্তে আস্তে বাড়াইতে অথবা কমাইতে হইবে। যখন সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ আর জেনারেটারের তড়িৎ-চাপ পরস্পরের সমান থাকিবে (ইহা V-দ্বারা চিহ্নিত ভোল্টমিটারের নির্দেশ হইতে জানা যাইবে), তখন ডান দিকের সুইচটি (S_2-দ্বারা চিহ্নিত) বন্ধ করিয়া দিলেই জেনারেটার সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত হইবে। কিন্তু এই অবস্থায় জেনারেটার মোটরে তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করিতে পারিবে না।

জেনারেটার যাহাতে লাইনে কারেণ্ট সরবরাহ করিতে পারে সেইজন্য এইবার মোটরের ফীল্ড কারেণ্ট একটু একটু করিয়া কমাইতে হইবে, আর একই সঙ্গে জেনারেটারের ফীল্ড-কারেণ্ট একটু একটু করিয়া বাড়াইতে হইবে। ইহাতে উভয় মেসিন পূর্বাপেক্ষা বেশী জোরে ঘুরিতে সুরু করিবে, আর জেনারেটারের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ লাইনের ভোল্টেজ অপেক্ষা বেশী হওয়ার জন্ম জেনারেটার হইতে মোটরে কারেণ্ট যাইতে আরম্ভ করিবে। যতক্ষণ জেনারেটারে পূরা লোড না পড়ে, ততক্ষণ এইভাবে মোটরের ফীল্ড-কারেণ্ট কম আর জেনারেটারের ফীল্ড-কারেণ্ট বেশী করিতে হইবে, আর A_3-দ্বারা চিহ্নিত অ্যাম্মিটারে পূরা লোড-কারেণ্ট নির্দেশ করিবামাত্র উভয় মেসিনের ফীল্ড-রেগুলেটারকে সেই অবস্থায় রাখিয়া দিতে হইবে। অতএব মেসিন দুইটি একই রকমের হইলেও যে মেসিন মোটর হিসাবে ব্যবহৃত হইবে, তাহার ফীল্ড দিয়া কম কারেণ্ট, আর যে মেসিন জেনারেটার হিসাবে ব্যবহৃত হইবে, তাহার

ফীল্ড দিয়া বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হইবে, অর্থাৎ ১৬১নং চিত্র অনুযায়ী I_{sh_1} অপেক্ষা I_{sh_2} বড় হইবে।

মোটর জেনারেটারের আর্মেচারকে ঘুরায়। অতএব জেনারেটার মোটরের নিকট হইতে পূরা যান্ত্রিক শক্তি লাভ করে। পরিবর্তে জেনারেটার আবার মোটরকে উহার পূরা উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করে। সুতরাং এই পরীক্ষার সময় উভয় মেসিনই পূরা লোড সহ পরিচালিত হইতে থাকে। কিন্তু মোটরের যতটা তড়িৎ-শক্তির প্রয়োজন, জেনারেটার ঠিক ততটা শক্তি সরবরাহ করিতে পারে না, কিছু কম সরবাহ করে। ইহার কারণ উভয় মেশিনের মধ্যেই কিছুটা করিয়া শক্তির অপচয় ঘটে, আর সেই অপচয়ের সমপরিমাণ শক্তি সরবরাহ লাইন হইতে মোটরে যায়; অর্থাৎ জেনারেটার তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করিবার পরে যতটা ঘাটতি থাকে, সরবরাহ লাইন তাহা পূরণ করিয়া দেয়। তাই, যদি মোটবের লাইন-কারেণ্ট I_{l1} অ্যাম্পিয়ার আর জেনারেটারের লাইন-কারেণ্ট I_{l2} অ্যাম্পিয়ার হয়, তবে সরবরাহ লাইনের কারেণ্ট

$$I_l = I_{l1} - I_{l2} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। সরবরাহ লাইন হইতে পরীক্ষার কাজে যতটা শক্তি লওয়া হয়, তাহার পরিমাণ VI_l ওয়াট। এই শক্তি উভয় মেসিনের অপচয়ের সমষ্টির সমান, অর্থাৎ ইহা মোটরের তামার অংশের মোট অপচয়, জেনারেটারের তামার অংশের মোট অপচয়, আর উভয় মেসিনের লোহার অংশের ও ঘর্ষণের মোট অপচয়ের সমষ্টির সমান। এখন মনে কর, প্রত্যেক মেসিনের আর্মেচারেব রোধ $= R_a$ ওম। সুতরাং

মোটরের আর্মেচারের তামার অংশের

$$\text{অপচয়} = I_{a1}^2 R_a \text{ ওয়াট (এখানে } I_{a1} = I_{l1} - I_{sh1}),$$

মোটরের ফীল্ডের তামার অংশের

$$\text{অপচয়} = VI_{sh1} \text{ ওয়াট (এখানে } V = \text{লাইন-ভোল্টেজ}),$$

জেনারেটারের আর্মেচারের তামার অংশের

$$\text{অপচয়} = I_{a2}^2 R_a \text{ ওয়াট (এখানে } I_{a2} = I_{l2} + I_{sh2}),$$

এবং জেনারেটারের ফীল্ডের তামার অংশের

$$\text{অপচয়} = VI_{sh2} \text{ ওয়াট।}$$

অতএব উভয় মেসিনের তামার

$$\text{অংশের মোট অপচয়} = I_{a1}^2 R_a + VI_{sh1} + I_{a2}^2 R_a + VI_{sh2} \text{ ওয়াট।}$$

সুতরাং উভয় মেসিনের লোহার

$$\text{অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়} = VI_l - (I_{a1}^2 R_a + VI_{sh1} + I_{a2}^2 R_a + VI_{sh2}) \text{ ওয়াট।}$$

যেহেতু দুইটি মেসিন সকল দিক দিয়াই একরকমের, অতএব হপ্‌কিন্সনের পরীক্ষার কাজে তাহাদের লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয় সমান বলিয়া ধরা হইয়াছে।

সুতরাং প্রত্যেকটি মেসিনের লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয় অর্থাৎ স্ট্রে পাওয়ার লস

$$W_s = \frac{VI_l - (I_{a1}^2 R_a + VI_{sh1} + I_{a2}^2 R_a + VI_{sh2})}{২} \text{ ওয়াট।}$$

স্ট্রে পাওয়ার লস নির্ণয় করিবার পরে অঙ্ক কষিয়া উভয় মেসিনের কর্মক্ষমতা আলাদা আলাদা ভাবে বাহির করা হয়। এই হিসাব নিম্নে দেওয়া হইল :—

জেনারেটার :

উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি $= VI_{l2}$ ওয়াট।

মোট অপচয়ের পরিমাণ $= I_{a2}^2 R_a + VI_{sh2} + W_s$ ওয়াট।

$$\therefore \quad \text{কর্মক্ষমতা} = \frac{VI_{l2}}{VI_{l2} + (I_{a2}^2 R_a + VI_{sh2} + W_s)} \times ১০০\%।$$

মোটর :

গৃহীত তড়িৎ-শক্তি $= VI_{l1}$ ওয়াট।

মোট অপচয়েব পরিমাণ $= I_{a1}^2 R_a + VI_{sh1} + W_s$ ওয়াট।

$$\therefore \quad \text{কর্মক্ষমতা} = \frac{VI_{l1} \quad (I_{a1}^2 R_a + VI_{sh1} + W_s)}{VI_{l1}} \times ১০০\%।$$

হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে ডি. সি মেসিন পরীক্ষা করিবার সময় উভয় মেসিনই পূরা লোডযুক্ত অবস্থায় পরিচালিত হয়। ইহাতে একদিকে যেমন জেনারেটার আর মোটর হিসাবে চলিবার সময় একই মেসিনের কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা আলাদা আলাদা ভাবে জানা যায়, অন্যদিকে তেমনি এই পরীক্ষার ফল সুইনবার্ণের পরীক্ষাব তুলনায় অনেক বেশী নির্ভুল হইয়া থাকে। কিন্তু ইহার প্রধান অসুবিধা এই যে, দুইটি একই রকমের মেসিন পাওয়া না গেলে কেবলমাত্র একটি মেসিনের উপর এই পদ্ধতি ব্যবহার করা চলে না।

উদাহরণ ৭-৮। দুইটি একই রকমের সান্ট মেসিন হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে পরীক্ষা করিবার সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা গেল—

সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ=১২০ ভোল্ট ;
মোটরের আর্মেচার-কারেন্ট=২০ অ্যাম্পিয়ার,
মেসিন দুইটির ফীল্ড-কারেন্ট=০.৫ অ্যাম্পিয়ার ও ০.৩ অ্যাম্পিয়ার ;
জেনারেটারের আর্মেচার-কারেন্ট=১৬.৫ অ্যাম্পিয়ার।

যদি প্রত্যেকটি মেসিনের আর্মেচারের রোধ ০.৫ ওম হয়, তবে জেনারেটার আর মোটরের কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

যেহেতু মোটর অপেক্ষা জেনারেটারের ফীল্ড দিয়া বেশী কারেণ্ট যায়, অতএব এখানে

I_{sh1} = ০·৩ অ্যাম্পিয়ার,

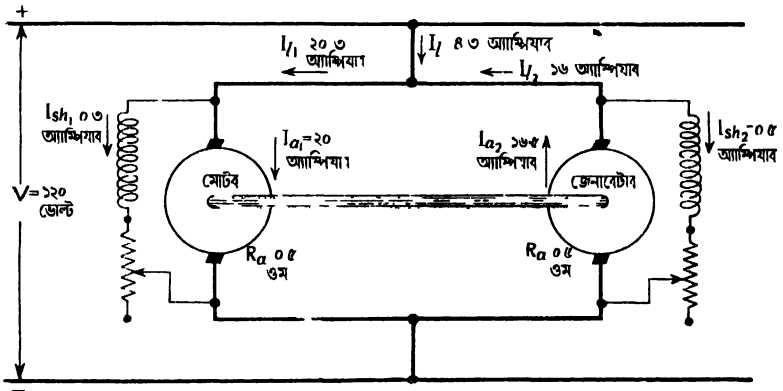
I_{sh2} = ০·৫ অ্যাম্পিয়ার,

V = ১২০ ভোল্ট,

I_{a1} = ২০ অ্যাম্পিয়ার,

I_{a2} = ১৬·৫ অ্যাম্পিয়ার, আর

R_a = ০·৫ ওম।

বর্তনীর অন্যান্য অংশের কারেণ্ট কত তাহা অঙ্ক কষিয়া বাহির করিবার জন্য ১৬২ নং চিত্রের ন্যায় একটি নক্সা অঙ্কন কর। এই নক্সা হইতে দেখা যাইবে

১৬২ নং চিত্র

মোটরের লাইন-কারেণ্ট $I_{l1} = I_{a1} + I_{sh1}$ = ২০ + ০·৩

= ২০·৩ অ্যাম্পিয়ার,

জেনারেটারের লাইন-কারেণ্ট $I_{l2} = I_{a2} - I_{sh2}$ = ১৬·৫ − ০·৫

= ১৬·০ অ্যাম্পিয়ার,

এবং সরবরাহ লাইনের কারেণ্ট $I_l = I_{l1} - I_{l2}$ = ২০·৩ − ১৬·০

= ৪·৩ অ্যাম্পিয়ার।

সরবরাহ লাইন হইতে পরীক্ষার কাজে যতটা তড়িৎ-শক্তি লওয়া হয়, তাহার পরিমাণ

VI_l = ১২০ × ৪·৩ = ৫১৬ ওয়াট।

মোটরের আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $= I_{a1}^2 R_a = (২০)^২ \times ০\cdot৫$
$= ২০০$ ওয়াট,

মোটরের ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= VI_{sh1} = ১২০ \times ০\cdot৩$
$=$ ৩৬ ওয়াট,

জেনারেটারের আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $= I_{a2}^2 R_a = (১৬\cdot৫)^২ \times ০\cdot৫$
$= ১৩৬$ ওয়াট,

জেনারেটারের ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= VI_{sh2} = ১২০ \times ০\cdot৫$
$=$ ৬০ ওয়াট,

সুতরাং উভয় মেসিনের তামার অংশের মোট অপচয় $= ২০০ + ৩৬ + ১৩৬ + ৬০$
$= ৪৩২$ ওয়াট।

অতএব প্রত্যেক মেসিনের স্ট্রে পাওয়ার লস

$$W_i = \frac{৫১৬ - ৪৩২}{২} = ৪২ \text{ ওয়াট।}$$

জেনারেটারের কর্মক্ষমতার হিসাব :

উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি $= VI_{l2} = ১২০ \times ১৬ = ১৯২০$ ওয়াট,

মেসিনের মোট অপচয় $= I_{a2}^2 R_a + VI_{sh2} + W_i$
$= ১৩৬ + ৬০ + ৪২ = ২৩৮$ ওয়াট।

$$\therefore \text{ কর্মক্ষমতা} = \frac{১৯২০}{১৯২০ + ২৩৮} \times ১০০$$
$$= ৮৮\cdot৬\% \text{।}$$

মোটরের কর্মক্ষমতার হিসাব :—

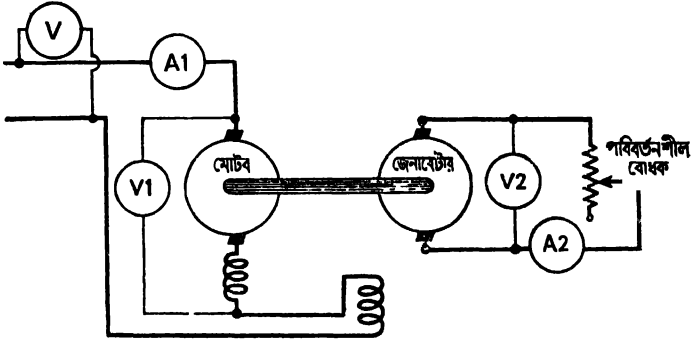
গৃহীত তড়িৎ-শক্তি $= VI_{l1} = ১২০ \times ২০\cdot৩ = ২৪৩৬$ ওয়াট,

মেসিনের মোট অপচয় $= I_{a1}^2 R_a + VI_{sh1} + W_i$
$= ২০০ + ৩৬ + ৪২ = ২৭৮$ ওয়াট,

$$\therefore \text{ কর্মক্ষমতা} = \frac{২৪৩৬ - ২৭৮}{২৪৩৬} \times ১০০$$
$$= ৮৮\cdot৫\% \text{।}$$

(৩) সিরিজ মেসিনের পরীক্ষা : ফীল্ড টেস্ট (Testing of Series Machines : Field Test)

এই পরীক্ষার কাজে দুইটি একই রকমের সিরিজ মেসিন, তিনটি ভোল্টমিটার আর দুইটি অ্যাম্মিটার প্রয়োজন হয়। যদি তিনটি ভোল্টমিটার পাওয়া না যায়, তবে

একটি ভোল্টমিটারকেই বর্তনীর বিভিন্ন অংশে পর পর সংযুক্ত করিয়া ঐ সকল অংশের তড়িৎ-চাপ কত তাহা দেখিয়া লইতে হয়। মিটারগুলি আর মেসিন দুইটি যেভাবে সরবরাহ লাইনের সহিত সংযুক্ত থাকে, তাহা ১৬৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

"ফীল্ড টেস্ট" পদ্ধতির সাহায্যে দুইটি সিরিজ মেসিনকে পরীক্ষা করা
১৬৩ নং চিত্র

সাণ্ট অথবা কম্পাউণ্ড মেসিনের তুলনায় সিরিজ মেসিন পরীক্ষার কাজে বিপদ অনেক বেশী। বর্তনীর নানা অংশে কারেণ্ট আর ভোল্টেজ কম-বেশী করিবার সময় যদি কোন অজানা কারণে সিরিজ মেসিন একবার জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে, তবে অতি শীঘ্র সেই বেগ বৃদ্ধি পাইয়া মেসিনের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া ওঠে। মেসিনকে সঙ্গে সঙ্গে বন্ধ করা না হইলে যে-কোন মুহূর্তে দুর্ঘটনা ঘটিতে পারে। তাই সিরিজ মেসিন পরীক্ষার কাজ সর্বদা সাবধানের সঙ্গে করা উচিত।

মেসিন দুইটির চুম্বকীয় অপচয় (magnetic losses) যাহাতে বরাবর সমান থাকে, সেই উদ্দেশ্যে তাহাদের ফীল্ড-কয়েল দুইটিকে পরস্পরের সহিত সিরিজে যোগ করা হয়। একটি মেসিনের আর্মেচারের শাফ্‌ট অন্যটির শাফ্‌টের সহিত কাপ্‌লিং দিয়া আঁটা থাকে। যখন সরবরাহ লাইন হইতে কারেণ্ট একটি মেসিনের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়, তখন ঐ মেসিন মোটর হিসাবে চলে, আর একই সঙ্গে অন্য মেসিনটিকে জেনারেটার হিসাবে ঘুরায়। জেনারেটারের লোড হিসাবে একটি পরিবর্তনশীল রোধক উহার দুই প্রান্তের মধ্যে সংযুক্ত থাকে। এই রোধক যে অবস্থায় থাকিলে মোটরে পূরা লোড পড়ে, বর্তনীতে উহাকে ঠিক সেই অবস্থায় রাখা হয়। মোটর পূরা লোড-যুক্ত অবস্থায় চলিতেছে কিনা, তাহা A1-দ্বারা চিহ্নিত অ্যাম্মিটারের নির্দেশ হইতে বুঝিতে পারা যায়।

এখন মনে কর,

সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ $= V$ ভোল্ট,

মোটরের লাইন-কারেণ্ট $= I_1$ অ্যাম্পিয়ার,

জেনারেটারের লোড-কারেণ্ট $= I_2$ অ্যাম্পিয়ার,

মোটরের প্রান্তিক চাপ $= V_1$ ভোল্ট,

জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ $= V_2$ ভোল্ট,

প্রত্যেক মেসিনের আর্মেচারের রোধ $= R_a$ ওম,

আর প্রত্যেক মেসিনের সিরিজ ফীল্ডের রোধ $= R_{se}$ ওম।

সরবরাহ লাইন হইতে পরীক্ষার কাজে যতটা তড়িৎ-শক্তি লওয়া হয়, তাহার পরিমাণ $= VI_1$ ওয়াট।

জেনারেটারের উৎপাদিত শক্তি $= V_2I_2$ ওয়াট।

সুতরাং, উভয় মেসিনের সমবেত অপচয়ের মোট পরিমাণ

$$W_T = VI_1 - V_2I_2 \text{ ওয়াট।}$$

মোটরের আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $= I_1^2R_a$ ওয়াট,

মোটরের সিরিজ ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_1^2R_{se}$ ওয়াট,

জেনারেটারের আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $= I_2^2R_a$ ওয়াট,

জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_1^2R_{se}$ ওয়াট।

সুতরাং মেসিন দুইটির তামার অংশের মোট অপচয়

$$W_c = I_1^2R_a + ২I_1^2R_{se} + I_2^2R_a \text{ ওয়াট,}$$

আর উভয় মেসিনের লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়, অর্থাৎ স্ট্রে পাওয়ার লস $W_i = W_T - W_c$ ওয়াট।

যেহেতু এই পরীক্ষার কাজে দুইটি একই রকমের মেসিন ব্যবহার করা হয়, আর যেহেতু তাহারা একই গতিবেগে ঘোরে এবং তাহাদের ফীল্ড দুইটি সিরিজে সংযুক্ত থাকে, অতএব তাহাদের স্ট্রে পাওয়ার লসও সমান হইবে—এইরূপ ধরিয়া লওয়া হয়।

সুতরাং প্রত্যেক মেসিনের স্ট্রে পাওয়ার লস $= \frac{W_i}{২} = \frac{W_T - W_c}{২}$ ওয়াট।

এখন, কিভাবে মেসিন দুইটির কর্মক্ষমতা হিসাব করিয়া বাহির করিতে হয়, তাহা নিম্নে দেখানো হইল :—

জেনারেটারের কর্মক্ষমতার হিসাব :

উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি $= V_2I_2$ ওয়াট।

মেসিনের মোট অপচয় $= I_2^2R_a + I_1^2R_{se} + \frac{W_i}{২}$ ওয়াট

$$\therefore \text{ কর্মক্ষমতা} = \frac{V_2I_2}{V_2I_2 + \left(I_2^2R_a + I_1^2R_{se} + \frac{W_i}{২}\right)} \times ১০০\%\text{।}$$

মোটরের কর্মক্ষতার হিসাব :

$$\text{গৃহীত তড়িৎ-শক্তি} = V_1 I_1 \text{ ওয়াট।}$$

$$\text{মেসিনের মোট অপচয়} = I_1^2 R_a + I_1^2 R_{se} + \frac{W_i}{২} \text{ ওয়াট।}$$

$$\therefore \text{ কর্মক্ষমতা} = \frac{V_1 I_1 - \left(I_1^2 R_a + I_1^2 R_{se} + \frac{W_i}{২}\right)}{V_1 I_1} \times ১০০\%\text{।}$$

উদাহরণ ৭-৯। দুইটি একই রকমের সিরিজ মেসিন (আর্মেচার) পরস্পরের সহিত কাপ্‌লিং দিয়া আঁটা আছে, আর তাহাদের ফীল্ড দুইটি পরস্পরের সহিত এমনভাবে সিরিজে সংযুক্ত আছে যে, একটি মেসিন যখন সরবরাহ লাইন হইতে কারেণ্ট লইয়া মোটর হিসাবে চলে, অন্যটি তখন জেনারেটার হিসাবে ঐ মোটরের দ্বারা পরিচালিত হয়। মেসিন দুইটির উপর "ফীল্ড টেস্ট" করিবার সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা গেল—

সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ = ৪৫০ ভোল্ট,
মোটরের আর্মেচার-কারেণ্ট = ৬৪ অ্যাম্পিয়ার,
মোটরের প্রান্তিক চাপ = ৪১৮ ভোল্ট,
জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ = ৪০০ ভোল্ট,
এবং জেনারেটারের লোড-কারেণ্ট = ৫২ অ্যাম্পিয়ার।

যদি প্রত্যেক মেসিনের আর্মেচারের রোধ ০ ৪ ওম হয়, তবে জেনারেটার আর মোটরের কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ৪৫০$ ভোল্ট,
$I_1 = ৬৪$ অ্যাম্পিয়ার,
$V_1 = ৪১৮$ ভোল্ট,
$V_2 = ৪০০$ ভোল্ট,
$I_2 = ৫২$ অ্যাম্পিয়ার, আর
$R_a = ০\cdot৪$ ওম।

পরীক্ষার কাজে সরবরাহ লাইন হইতে যতটা তড়িৎ-শক্তি লওয়া হয়, তাহার পরিমাণ

$$= VI_1 = ৪৫০ \times ৬৪$$
$$= ২৮৮০০ \text{ ওয়াট।}$$

জেনারেটারের ফীল্ডে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি = ৪৫০ − ৪১৮ = ৩২ ভোল্ট (১৬৪নং চিত্র)।

$$\therefore \; I_1 R_{se} = ৩২ \text{ ভোল্ট,}$$

$$\text{অতএব } R_{se} = \frac{৩২}{I_1} = \frac{৩২}{৬৪} = ০\cdot৫ \text{ ওম।}$$

জেনারেটার আর মোটর একই রকমের মেসিন বলিয়া উভয়ের সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সই ০·৫ ওম হইবে। এখন,

মোটরের আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $=I_1^2 R_a=(৬৪)^২ \times ০\cdot৪$
$=$১৬৪০ ওয়াট,

মোটরের ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $=I_1^2 R_{se}=(৬৪)^২ \times ০\cdot৫$
$=$২০৫০ ওয়াট,

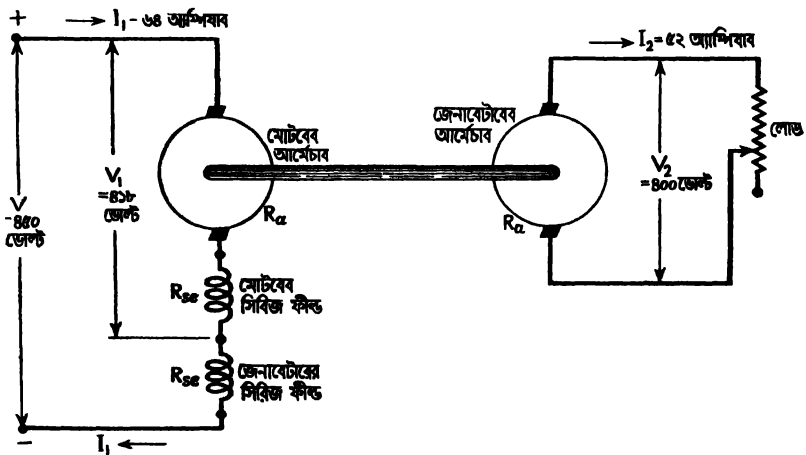
জেনারেটারের আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $=I_2^2 R_a=(৫২)^২ \times ০\cdot৪$
$=$১০৮০ ওয়াট,

এবং জেনারেটারের ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $=I_1^2 R_{se}=(৬৪)^২ \times ০\cdot৫$
$=$২০৫০ ওয়াট।

সুতরাং উভয় মেসিনের তামার অংশের মোট অপচয়
$W_c=$১৬৪০ + ২০৫০ + ১০৮০ + ২০৫০
$=$৬৮২০ ওয়াট।

জেনারেটারের উৎপাদিত শক্তি $=V_2 I_2=$৪০০ $\times$ ৫২
$=$২০৮০০ ওয়াট,

সুতরাং উভয় মেসিনের সমবেত অপচয়
$W_T=VI_1-V_2I_2=$২৮৮০০ ২০৮০০
$=$৮০০০ ওয়াট।

অতএব প্রত্যেক মেসিনের স্ট্রে পাওয়ার লস
$=\frac{W_T-W_c}{২}=\frac{৮০০০-৬৮২০}{২}=$৫৯০ ওয়াট।

১৬৪নং চিত্র

জেনারেটারের কর্মক্ষমতার হিসাব :

জেনারেটারের উৎপাদিত শক্তি $=V_2 I_2=$৪০০ $\times$ ৫২
$=$২০৮০০ ওয়াট।

জেনারেটারের মোট অপচয় $=I_a^2R_a+I_1^2R_{sh}+\frac{V_T-V_c}{২}$

$=১০৮০+২০৫০+৫৯০$

$=৩৭২০$ ওয়াট।

$\therefore$ জেনারেটারের কর্মক্ষমতা $=\frac{২০৮০০}{২০৮০০+৩৭২০}\times ১০০$

$=৮৫\%$।

মোটরের কর্মক্ষমতার হিসাব :

মোটরের গৃহীত শক্তি $=V_1I_1=৪:৮\times ৬৪$

$=২৬৮০০$ ওয়াট।

মোটরের মোট অপচয় $=I_1^2R_a+I_1^2R_{sh}+\frac{V_T-V_c}{২}$

$=১৬৪০+২০৫০+৫৯০$

$=৪২৮০$ ওয়াট।

$\therefore$ মোটরের কর্মক্ষমতা $=\frac{২৬৮০০-৪২৮০}{২৬৮০০}\times ১০০$

$=৮৪\%$।

(৪) ব্রেক টেস্ট (Brake Test)

"ব্রেক টেস্ট" পদ্ধতির সাহায্যে কোন ডি. সি. মোটরকে পরীক্ষা করিবার সময় মোটরের গৃহীত শক্তি আর উৎপাদিত শক্তি সরাসরি মাপা হয়, পরে ঐ উৎপাদিত শক্তিকে গৃহীত শক্তির দ্বারা ভাগ করিলেই মেসিনের কর্মক্ষমতা কত তাহা জানা যায়। কিন্তু এই পরীক্ষার কাজে বিশেষ কয়েকটি অসুবিধারও সম্মুখীন হইতে হয়। যেমন, মোটরের উৎপাদিত শক্তি যান্ত্রিক শক্তি বলিয়া তাহা খুব নির্ভুল উপায়ে মাপা যায় না।

দ্বিতীয়তঃ, পরীক্ষার সময় মোটরে পুরা লোড দেওয়া খুবই অসুবিধাজনক হইয়া দাঁড়ায়। তাই অধিকাংশ ক্ষেত্রে এই পদ্ধতির সাহায্যে কেবলমাত্র ছোট ছোট মোটরকেই পরীক্ষা করা হইয়া থাকে।

সাধারণতঃ ব্রেক টেস্টের জন্য মোটরের শাফ্টের উপর ঢালাই লোহার একটি ফাঁপা পুলী (pulley) বসানো হয়। এই পুলীর দুই ধারে দুইটি 'কাণা' (flange) থাকে, আর কাণা দুইটির মাঝখানে দড়ি বা চামড়ার বেল্ট জড়ানো থাকে। দড়ির নীচের দিকে উপযুক্ত মত ভারী ওজন আর উপরের দিকে একটি "স্প্রীংয়ের কাঁটা" (spring balance) সংযুক্ত করা হয়। এই সকল সংযোগ ১৬৫ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। পরে ফাঁপা পুলীর ভিতর জল দেওয়ার বন্দোবস্ত হইলেই পরীক্ষার কাজ সুরু করা যায়।

ওজন কম বা বেশী করিলে পুলীর উপর দড়ির চাপ কম-বেশী হইতে থাকে। যখন মোটর চলিতে আরম্ভ করে, তখন পুলীর উপরে দড়ি অনবরত ঘষড়ায়; ইহাতে পুলী গরম হইয়া ওঠে, আর গরম খুব বেশী হইলে দড়ি পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা দেখা দেয়। এই কারণে পুলীকে ঠাণ্ডা রাখিবার জন্য উহার ভিতরের ফাঁপা অংশে নল দিয়া অনরবত জল ঢালা হইতে থাকে। তাহা ছাড়া দড়ি যাহাতে জ্বলিয়া না ওঠে সেইজন্য গ্র্যাফাইটের গুঁড়া মাঝে মাঝে দড়ি আর পুলীর মাঝখানে ছড়াইয়া দেওয়া হয়।

ডি. সি. মোটরের ব্রেক টেস্ট
১৬৫নং চিত্র

ওজনের ভারে মোটরে লোড পড়ে, তখন মোটরটি আস্তে আস্তে চলিতে চেষ্টা করে। এদিকে দড়ি বা বেল্টে যে টান পড়ে, তাহার পরিমাণ স্প্রীংয়ের কাঁটার নির্দেশ হইতে জানা যায়। সেই নির্দেশ হইতে মোটরের উৎপাদিত অশ্ব-শক্তি কত, তাহা হিসাব কষিয়া বাহির করা হয়। দড়ি এমনভাবে পুলীর উপর জড়াইতে হয় যে, মোটর চলিতে আরম্ভ করা মাত্র যেন স্প্রীংয়ের কাঁটার উপরে টান পড়ে।

এখন মনে কর,

দড়ি হইতে যে ওজন ঝুলিতেছে, তাহার পরিমাণ $= W$ পাউণ্ড,

স্প্রীংয়ের কাঁটায় যে টান পড়িতেছে, তাহার পরিমাণ $= S$ পাউণ্ড,

পুলীর আর দড়ির একত্র ব্যাসার্ধ $= r$ ফুট,

এবং মোটরের গতিবেগ = প্রতি মিনিটে N সংখ্যক পাক।

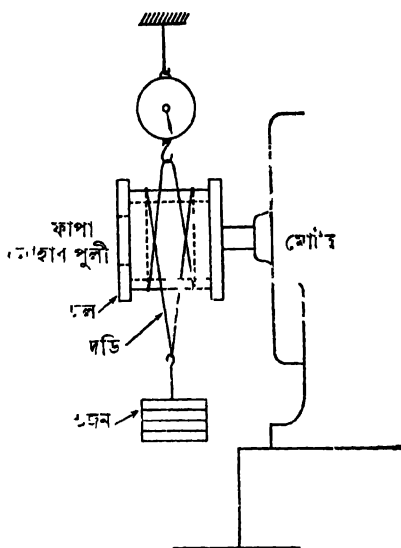
অতএব মোটরে যে ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়, তাহার পরিমাণ

$$T = (W \quad S) \times r \text{ পাউণ্ড-ফুট,}$$

আর মোটরের উৎপাদিত যান্ত্রিক শক্তি

$$= \frac{২\pi TN}{৩৩০০০} = \frac{২\pi r N(W-S)}{৩৩০০০} \text{ ব্রেক হর্স-পাওয়ার।}$$

এই শক্তিকে বৈদ্যুতিক এককে রূপান্তরিত করিলে তাহা

$$\frac{২\pi r N(W-S) \times ৭৪৬}{৩৩০০০} \text{ ওয়াট}$$

হয়। এখন, যদি মোটরের সঙ্গে একটি ভোল্টমিটার ও একটি অ্যাম্মিটার লাগানো থাকে, আর তাহাদের নির্দেশ যথাক্রমে V-ভোল্ট ও I-অ্যাম্পিয়ার হয়, তবে

মোটরের গৃহীত তড়িৎ-শক্তি = VI ওয়াট হইবে। সুতরাং

$$\text{মোটরের কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত শক্তি}}{\text{গৃহীত শক্তি}}$$

$$= \frac{২\pi r N(W - S) \times ৭৪৬}{৩৩০০০ \times VI},$$

$$\text{আর মোটরের \% কর্মক্ষমতা} = \frac{২\pi r N(W - S) \times ৭৪৬}{৩৩০০০ \times VI} \times ১০০।$$

উপরে যে হিসাব দেওয়া হইল, তাহা এফ্. পি. এস্. একক (F. P. S. Unit) অনুসারে লিখিত। যদি এই এককের পরিবর্তে এস্. আই. একক (S. I. Unit) ব্যবহার করা হয়, তবে হিসাব নিম্নলিখিতরূপ হইবে :—

দড়ির নীচের দিকে ঝুলানো ওজন = W কিলোগ্রাম ;
স্প্রীংয়ের কাঁটার নির্দেশ = S কিলোগ্রাম ,
পুলীর আর দড়ির একত্র ব্যাসার্ধ = r মিটার ,
মোটরের গতিবেগ = প্রতি মিনিটে N সংখ্যক পাক।

অতএব মোটরের ঘূর্ণক

$$T = (W - S) \times r \times ৯{\cdot}৮১ \text{ নিউটন-মিটার},$$

আর মোটরের উৎপাদিত শক্তি

$$= \frac{২\pi r N \times ৯{\cdot}৮১}{৬০} = \frac{২\pi r N(W - S) \times ৯{\cdot}৮১}{৬০} \text{ ওয়াট।}$$

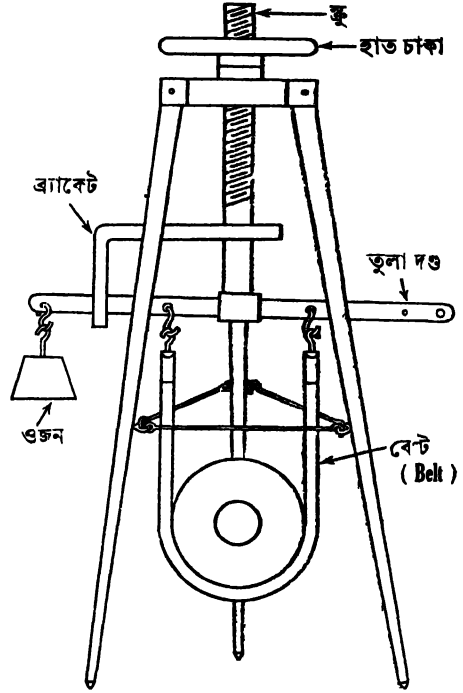
সুতরাং

$$\text{মোটরের \% কর্মক্ষমতা} = \frac{২\pi r N(W - S) \times ৯{\cdot}৮১}{৬০ \times VI} \times ১০০।$$

ছোট ছোট ডি. সি. মোটর পরীক্ষা করার উপযুক্ত আর এক রকমের ব্রেক আছে, তাহার নাম "সোম্ ব্রেক" (**Soame's Brake**)। ইহা প্রয়োজনমত যে-কোন জায়গায় সরাইয়া লওয়া যায় এইরূপ একটি ওজন-দাঁড়ির (portable steel yard) মত। একটি লোহার পাটির আকারের তুলাদণ্ডের "আলম্বের" (fulcrum) উপর এই ব্রেক বসানো থাকে, আর তুলাদণ্ডের মধ্যবিন্দু হইতে দুইদিকে সমান সমান দূরে একটি একটি ছিদ্র থাকে। মোটরের পুলীর উপর দিয়া একটি বেল্ট পরানো হয়, আর ঐ বেল্টের দুই প্রান্তে দুইটি "আঁকড়া" (S-hook) সংযুক্ত করিয়া পরে আঁকড়া দুইটিকে তুলাদণ্ডের গায়ের ছিদ্র দিয়া গলাইয়া দিতে হয়। ব্রেকের এই সকল বন্দোবস্ত ১৬৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। যদি যন্ত্রের উপরের হাত-চাকা (hand wheel)

ডান দিকে ঘুরানো যায়, তবে বেল্টসুদ্ধ তুলাদণ্ড উপরের দিকে উঠিতে থাকে, আর দরকার মত বেল্টকে এইভাবে পুলীর উপরে টান করিয়া রাখা যাইতে পারে।

ডি সি মোটর পরীক্ষার জন্য প্রোনি ব্রেকের ব্যবহার
১৬৬নং চিত্র

মোটর চালু করার পরে হাত-চাকা ঘুরাইয়া পুলীর উপরে দরকার মত চাপ দেওয়ামাত্র দেখা যাইবে যে, তুলাদণ্ডের একটি দিক উপরের দিকে উঠিয়া পড়িয়াছে। তখন সেই দিকে এমন একটি ওজন ঝুলাইয়া দিতে হইবে যাহাতে তুলাদণ্ড ব্র্যাকেটের কোথায়ও না ঠেকিয়া যেন ঠিক শয়ান অবস্থায় (horizontal) চলিয়া আসে। পরে মোটর প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিতেছে, তাহা একটি ট্যাকোমিটারের সাহায্যে মাপিয়া দেখিতে হইবে।

পুলীর উপরে ঘষড়ানি লাগে বলিয়া বেল্ট অতিরিক্ত গরম হইয়া ওঠে, ফলে পোড়া গন্ধ বাহির হয়। সেইজন্য পরীক্ষা সুরু করার আগেই বেল্ট আর পুলীর মাঝখানে গ্র্যাফাইটের গুড়া দিয়া দিতে হয়, আর পরীক্ষা চলার সময়েও মাঝে মাঝে দিতে হয়।

এখন মনে কর,

তুলাদণ্ডের একদিক হইতে ঝুলানো ওজন $=W$ পাউণ্ড,

তুলাদণ্ডের আলম্ব হইতে যে ছিদ্রতে ওজন ঝুলানো হইয়াছে তাহার দূরত্ব $=d$ ফুট,

এবং মোটরের গতিবেগ = প্রতি মিনিটে N সংখ্যক পাক।

সুতরাং মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ

$$T = W \times d \text{ পাউণ্ড-ফুট,}$$

আর মোটরের উৎপাদিত যান্ত্রিক শক্তি

$$= \frac{২\pi TN}{৩৩০০০} = \frac{২\pi N(W \times d)}{৩৩০০০} \text{ ব্রেক হর্স-পাওয়ার}$$

$$= \frac{২\pi N(W \times d) \times ৭৪৬}{৩৩০০০} \text{ ওয়াট।}$$

এই অবস্থায় মোটর যদি সরবরাহ লাইন হইতে V-ভোল্টে I-অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে, তবে উহার

গৃহীত শক্তি = VI ওয়াট,

আর মোটরের কর্মক্ষমতা $= \frac{২\pi N(W \times d) \times ৭৪৬}{৩৩০০০ \times VI} \times ১০০\%$

হইবে। এখন, যদি W কিলোগ্রামে আর d মিটারে মাপা হয়, তবে

$T = W \times d \times ৯.৮১$ নিউটন-মিটার,

আর মোটরের উৎপাদিত শক্তি $= \frac{২\pi N(W \times d) \times ৯.৮১}{৬০}$ ওয়াট

হইবে। সুতরাং এই হিসাব অনুসারে

মোটরের কমক্ষমতা $= \frac{২\pi N(W \times d) \times ৯.৮১}{৬০ \times VI} \times ১০০\%$

হইবে।

উদাহরণ ৭-১০। একটি ২২০-ভোল্ট, $\frac{১}{৪}$ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন ডি. সি. মোটর পূরা লোডসহ চলিবার সময় প্রতি মিনিটে ১৪২৫ পাক ঘোরে। মোটরের উপর ব্রেক টেস্ট করিবার সময় ব্রেকের তুলাদণ্ডের আলম্ব হইতে ১৪ ইঞ্চি দূরে ১২ আউন্স ওজন ঝুলাইয়া দেখা গেল ঐ মোটর সরবরাহ লাইন হইতে ১.৩ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ১৪৪০ পাক ঘুরিতেছে। এই অবস্থায় মোটরের ব্রেক হর্স-পাওয়ার আর কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ২২০$ ভোল্ট,

$I = ১.৩$ অ্যাম্পিয়ার,

$W = ১২$ আউন্স $= \frac{১২}{১৬}$ পাউণ্ড,

$d = ১৪$ ইঞ্চি $= \frac{১৪}{১২}$ ফুট, আর

$N =$ প্রতি মিনিটে ১৪৪০ পাক।

মোটরের ব্রেক হর্স-পাওয়ার $= \frac{২\pi N(W \times d)}{৩৩০০০}$

$= \frac{২ \times ৩.১৪ \times ১৪৪০}{৩৩০০০} \times \frac{১২}{১৬} \times \frac{১৪}{১২}$

$= ০.২৪$ অশ্ব-শক্তি।

মোটরের কর্মক্ষমতা $= \frac{২\pi N(W \times d) \times ৭৪৬}{৩৩০০০ \times VI} \times ১০০$

$= \frac{০.২৪ \times ৭৪৬}{২২০ \times ১.৩} \times ১০০$

$= ৬২.৬\%$।

উদাহরণ ৭-১১। একটি ডি. সি. সাণ্ট মোটরের উপর ব্রেক টেস্ট করিবার সময় যখন দড়ির নীচে ৩৫ কিলোগ্রাম ওজন ঝুলানো হয়, তখন স্প্রীংয়ের কাঁটায় ৫ কিলোগ্রাম টান দেখায়। যদি মোটর ৪২০ ভোল্টের সরবরাহ লাইন হইতে ৭০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট লইয়া প্রতি

মিনিটে ১৩০০ পাক ঘোরে, তবে উহার ঘূর্ণক, কর্মক্ষমতা আর উৎপাদিত শক্তি কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। মোটরের শাফ্‌টের উপর বসানো পুলীর ব্যাস ১ মিটার।

এখানে W = ৩৫ কিলোগ্রাম,
S = ৫ কিলোগ্রাম,
V = ৪২০ ভোল্ট,
I = ৭০ অ্যাম্পিয়ার,
N = প্রতি মিনিটে ১৩০০ পাক, আর
$r = \frac{1}{2} = 0.5$ মিটার।

মোটরের ঘূর্ণক $T = (W - S) \times r \times ৯৮১$
$= (৩৫ - ৫) \times ০.৫ \times ৯.৮১$
$= ১৪৭.১৫$ নিউটন-মিটার।

মোটরের উৎপাদিত শক্তি $= \frac{2\pi TN \times ৯৮১}{৬০}$

$= \frac{২ \times ৩.১৪ \times ১৫ \times ১৩০০ \times ৯.৮১}{৬০}$

= ২০০০০ ওয়াট
= ২০ কিলোওয়াট।

মোটরের গৃহীত শক্তি = VI = ৪২০ × ৭০
= ২৯৪০০ ওয়াট।

$\therefore$ মোটরের কর্মক্ষমতা $= \frac{২০০০০}{২৯৪০০} \times ১০০$
= ৬৮.০%।

প্রশ্নমালা

১। ডি. সি. মেসিনের কমক্ষমতা বলিতে কি বুঝায়? জেনারেটার এবং মোটরের ক্ষেত্রে কোন্ কোন্ সূত্রের সাহায্যে এই কর্মক্ষমতা নির্ণয় করা হয়?

২। কোন ডি. সি. মেসিন চলিতে থাকার সময় উহাতে যে বিভিন্ন প্রকারে শক্তির অপচয় ঘটে, তাহাদের সংক্ষেপে বণনা কর। কোন্ অবস্থায় মেসিনের কর্মক্ষমতা সর্বোচ্চ হয়?

৩। সুইনবার্ণের পদ্ধতির সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া একটি ডি. সি. মেসিনের কর্মক্ষমতা কিভাবে নির্ণয় করা যায়, তাহা চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে পরীক্ষা করিলে কি কি সুবিধা পাওয়া যায়, আর পরীক্ষার সময় কি কি অসুবিধাই বা দেখা দেয়?

৪। একটি ডি. সি. সাণ্ট মোটর লোডশূন্য অবস্থায় ২০০ ভোল্টের সরবরাহ লাইন হইতে ৫ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে। মোটরের সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ১৫০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০.১ ওম। লোড দেওয়ার পরে ঐ মোটর যদি একই সরবরাহ

লাইন হইতে ১২০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট লইতে আরম্ভ করে, তবে উহার উৎপাদিত অশ্ব-শক্তি আর কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। (উঃ ২৮.৯ অশ্ব-শক্তি ; ৯০%)

৫। হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে দুইটি ২৫০ ভোল্টের আর একই রকমের সাণ্ট মেসিন পরীক্ষা করিবার সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা গেল—

সরবরাহ লাইনের কারেণ্ট = ৫০ অ্যাম্পিয়ার ;
মোটরের আর্মেচার-কারেণ্ট = ৪০০ অ্যাম্পিয়ার ;
মেসিন দুইটির ফীল্ড-কারেণ্ট = ৫ অ্যাম্পিয়ার ও ৬ অ্যাম্পিয়ার।

যদি প্রত্যেক মেসিনের আর্মেচারের রোধ ০.০১৫ ওম হয়, তবে তাহাদের কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

(উঃ জেনারেটারের কর্মক্ষমতা = ৯৩.৫% ; মোটরের কর্মক্ষমতা = ৯৩.৭%)

৬। হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে দুইটি একই রকমের সাণ্ট মেসিন পরীক্ষা করিবার সময় কিভাবে তাহাদের পরস্পরের সহিত সংযুক্ত করা হয়, তাহা একটি নক্সা অঙ্কন করিয়া দেখাও। এই পরীক্ষার কাজে কি সুবিধা পাওয়া যায় আর কি অসুবিধাই বা দেখা দেয় তাহা বল।

৭। একটি ডি. সি. মেসিন চলিবার সময় উহার কোন্ কোন্ অংশে আবর্ত-প্রবাহ জনিত অপচয় ঘটে ? কি উপায়ে এই অপচয়ের পরিমাণ কম রাখা হয় ?

৮। ডি. সি. মেসিনের লোড যখন কম-বেশী হইতে থাকে, তখন উহার কোন্ কোন্ অপচয় কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা বুঝাইয়া বল।

৯। একটি সাণ্ট জেনারেটার যখন লোড-সারকিটে ২০০ কিলোওয়াট বিদ্যুৎ সরবরাহ করে, তখন উহার বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা শতকরা ৯৭.৫ ভাগ আর যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা শতকরা ৯২ ভাগ হয়। ঐ জেনারেটারের বৈদ্যুতিক অপচয় আর লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয় কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

(উঃ বৈদ্যুতিক অপচয় = ৫২০০ ওয়াট , লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয় = ১৭৭৩৪.৮ ওয়াট)

১০। একটি ডি. সি. মেসিনের "অপরিবর্তনীয় অপচয়" (constant losses) বলিতে কি বুঝায় ? মেসিন লোডশূন্য অবস্থায় পরিচালনা করিয়া কিভাবে এই অপচয়ের পরিমাণ নির্ধারণ করা যায় ?

১১। একটি সাণ্ট জেনারেটার ২২০ ভোল্ট ৩০ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। ঐ জেনারেটার "কাপ্‌লিং"-এর সাহায্যে একটি ৪৪০-ভোল্ট, ডি. সি. কম্পাউণ্ড মোটরের সহিত যুক্ত আছে। যদি জেনারেটারের কর্মক্ষমতা শতকরা ৮০ ভাগ আর মোটরের কর্মক্ষমতা শতকরা ৭৫ ভাগ হয়, তবে ক্রমাগত ১০ ঘণ্টা চলিতে থাকার সময় জেনারেটার কত বি. ও. টি. ইউনিট (B. O. T. units) সরবরাহ করিবে ? ঐ সময় মোটরই বা সরবরাহ লাইন হইতে কত কারেণ্ট লইয়া কত অশ্ব-শক্তি উৎপন্ন করিবে ? (Elec. Sup., December, 1959)

[জেনারেটারের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি = ২২০ × ৩০ = ৬৬০০ ওয়াট,

সুতরাং ১০ ঘণ্টায় জেনারেটার যত বি. ও. টি. ইউনিট সরবরাহ করে তাহার পরিমাণ

$$= \frac{৬৬০০ \times ১০}{১০০০} = ৬৬ \text{ কিলোওয়াট-ঘণ্টা।}$$

জেনারেটারের গৃহীত শক্তি $= \frac{৬৬০০ \times ১০০}{৮০} = ৮২৫০$ ওয়াট।

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = জেনারেটারের গৃহীত শক্তি = ৮২৫০ ওয়াট

$$= \frac{৮২৫০}{৭৪৬} = ১১\cdot০৬ \text{ অশ্ব-শক্তি।}$$

মোটরের গৃহীত শক্তি $= \frac{৮২৫০ \times ১০০}{৭৫} = ১১০০০$ ওয়াট,

সুতরাং মোটর সরবরাহ লাইন হইতে যত কারেণ্ট গ্রহণ করে তাহার পরিমাণ

$$= \frac{১১০০০}{৪৪০} = ২৫\cdot০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}]$$

১২। বিভিন্ন শ্রেণীর জেনারেটার পরীক্ষা করিবার জন্য বিভিন্ন প্রকারের কি কি পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়? দুইটি একই রকমের সিরিজ মেসিন পরীক্ষা করিতে হইলে তুমি কোন্ পদ্ধতি অবলম্বন করিবে তাহা নক্সা অঙ্কন করিয়া বুঝাও।

১৩। ডি. সি. জেনারেটারের কর্মক্ষমতা কয়টি বিভাগে ভাগ করা হইয়াছে তাহা বল। প্রত্যেক বিভাগ জেনারেটারের কোন্ কোন্ শক্তির মধ্যে সম্বন্ধ নির্দেশ করে তাহা ব্যাখ্যা কর।

১৪। একটি সাণ্ট জেনারেটার ১০০ ভোল্টে ৬৬ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ২৫ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০·০৪ ওম। যদি জেনারেটারের সমবেত কর্মক্ষমতা শতকরা ৮৮ ভাগ হয়, তবে উহার

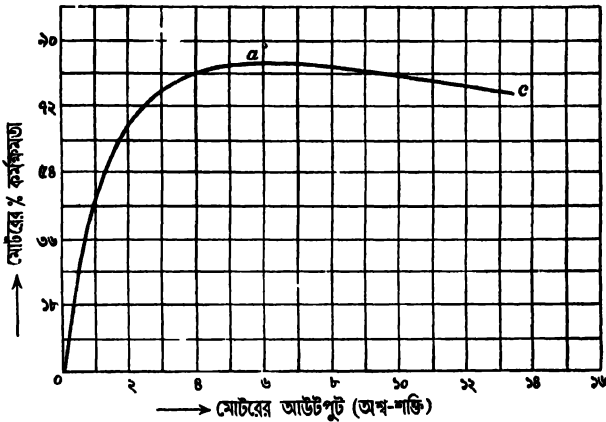
(ক) তামার অংশের অপচয়,
(খ) লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়, এবং
(গ) প্রাইম মুভারের উৎপাদিত অশ্ব-শক্তি

কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

[উঃ (ক) ৫৯৬ ওয়াট, (খ) ২৬৩ ওয়াট; (গ) ১০ অশ্ব-শক্তি।]

১৫। একটি ডি. সি. মোটরের লোড যখন শূন্য হইতে আস্তে আস্তে ক্রমাগত বৃদ্ধি পাইতে থাকে, তখন উহার কর্মক্ষমতা কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা একটি লেখচিত্রে বিশিষ্টতা-রেখা অঙ্কন করিয়া বুঝাও। কোন্ অবস্থায় মেসিনের কর্মক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশী হয়?

[ডি. সি. মোটরের লোড আর কর্মক্ষমতার মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ থাকে, তাহা ১৬৭নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। মোটরের পরিবর্তনীয় অপচয় যখন উহার অপরিবর্তনীয় অপচয়ের সমান হয়, কেবলমাত্র তখনই মেসিনের কর্মক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশী হইতে দেখা যায়। অপরিবর্তনীয় অপচয় বলিতে মেসিনের সাণ্ট ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় আর লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়কে বুঝায়; আর লোডের

পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে কম-বেশী হয় বলিয়া পরিবর্তনীয় অপচয়ের মধ্যে সিরিজ ফীল্ডের ও আর্মেচারের তামার অংশের অপচয়কে ধরা হয়।

লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে ডি. সি. মোটরের কর্মক্ষমতার পরিবর্তন
১৬৭নং চিত্র

মোটরে কোন লোড না দিলে উহা হইতে কার্যকর শক্তি উৎপন্ন হয় না। তাই ঐ সময় মোটরের কর্মক্ষমতা শূন্য থাকে, আর সেই কারণেই বিশিষ্টতা-রেখা লেখচিত্রের শূন্য বিন্দু হইতে সুরু হয়। আস্তে আস্তে মোটরে যত বেশী লোড পড়ে, উহার কর্মক্ষমতা ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে, আর বিশিষ্টতা-রেখাও ক্রমশঃ উপরের দিকে উঠিতে আরম্ভ করে। লোড বৃদ্ধি পাইলে পরিবর্তনীয় অপচয়ও বৃদ্ধি পায়, আর যে লোডে ঐ অপচয় মেসিনের অপরিবর্তনীয় অপচয়ের সমান থাকে, সেই লোডেই কর্মক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশী হয়। কর্মক্ষমতার এই অবস্থা বিশিষ্টতা-রেখার 'a'-বিন্দুতে দেখানো হইয়াছে। যদি মোটরে আরও বেশী লোড দেওয়া হয়, তখন উহার কর্মক্ষমতা আবার হ্রাস পাইতে আরম্ভ করে। বিশিষ্টতা রেখার ac-অংশ লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারা যাইবে।]

১৬। ব্রেক টেস্টের সাহায্যে একটি ডি. সি. মোটর কিভাবে পরীক্ষা করা যায় তাহা বুঝাইয়া বল। এই পরীক্ষার সাহায্যে মেসিনের যে কর্মক্ষমতা নির্ণয় করা হয়, তাহা নির্ভুল হয় না কেন ?

১৭। নিম্নলিখিত বিষয়সমূহের সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ :—

(ক) স্ট্রে পাওয়ার লস।
(খ) ডি. সি. মেসিনের বৈদ্যুতিক অপচয়।
(গ) ডি. সি. মেসিনের যান্ত্রিক অপচয়।
(ঘ) ডি. সি. জেনারেটারের ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা।
(ঙ) সুইনবার্ণের পরীক্ষার সুবিধা ও অসুবিধা।
(চ) ডি. সি. জেনারেটারের বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা।
(ছ) ডি. সি. জেনারেটারের যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা

অষ্টম পরিচ্ছেদ

ডি. সি. মেসিন স্থাপন করা (Installation of D. C. Machines)

কোন একটি ডি. সি. মেসিন স্থাপন করিবার পূর্বে কয়েকটি বিষয় ভালভাবে বিবেচনা করিয়া দেখিতে হয়। যেমন—

(১) বিভিন্ন শ্রেণীর মেসিন বিভিন্ন প্রকার কাজের পক্ষে উপযুক্ত। তাই, যে শ্রেণীর মেসিন স্থাপন করা হইবে, তাহা নির্দিষ্ট কাজের পক্ষে উপযুক্ত কিনা সেই বিষয়ে প্রথমেই বিবেচনা করা দরকার।

(২) লোড পরিচালনার জন্য যতটা শক্তির প্রয়োজন, মেসিনের ক্ষমতা (output) তাহা অপেক্ষা কিছুটা বেশী হওয়া আবশ্যক। নইলে চালু অবস্থায় খুব অল্প সময়ের জন্য হইলেও মেসিনে যখনই সামান্য কিছু বেশী লোড পড়িবে, তখনই আর্মেচার অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিবে।

(৩) তৈরী হওয়ার পরে মেসিনটি ভালভাবে পরীক্ষা করা হইয়াছে কিনা, অর্থাৎ মেসিনের বিভিন্ন অংশের কন্টিনিউয়িটি, সর্ট সারকিট, গ্রাউণ্ড, ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স, উত্তাপ-বৃদ্ধি প্রভৃতি পরীক্ষা করিয়া সন্তোষজনক ফল পাওয়া গিয়াছে কিনা, সেই বিষয়ে অনুসন্ধান করা প্রয়োজন।

এই সকল বিষয় পর্যালোচনা করিয়া দেখার পরে মেসিনটি যদি উপযুক্ত বলিয়া বিবেচিত হয়, তবেই সেই মেসিন স্থাপন করার কাজে অগ্রসর হওয়া চলে। মেসিন বসাইবার সময় আবার কয়েকটি বিষয়ের উপর লক্ষ্য রাখিতে হয়। যথা—

(১) মেসিন স্থাপন করার কাজ ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী এবং (রাজ্য সরকারের) বিদ্যুৎ বিভাগের পরিদর্শকের অনুমোদনযোগ্য হওয়া চাই। যে বিষয়ে বৈদ্যুতিক আইনে কোন সুস্পষ্ট নিদেশ পাওয়া না যাইবে, সেই বিষয়ে ভারতীয় মানক সংস্থার (Indian Standard Institution) নিয়মাবলী অনুসরণ করিতে হইবে।

(২) মেসিনের যাহাতে কোন ক্ষতি না হয় সেইজন্য অভিজ্ঞ আর উপযুক্ত লোকের তত্ত্বাবধানে সমগ্র কাজটি সম্পন্ন হওয়া উচিত।

(৩) লোডসহ চালু করিবার আগে মেসিন আর সংস্থাপনের কাজ (অর্থাৎ ওয়্যারিং, আর্থিং ইত্যাদি) পুনরায় পরীক্ষা করিয়া দেখা দরকার।

৮-১। স্থাপনের পূর্বে ডি. সি. মেসিনের পরীক্ষা (Testing of D. C. Machines before installation)

কোন নূতন ডি. সি. মেসিন বসাইবার পূর্বে, অথবা মেরামতের পরে কোন পুরান মেসিন পুনরায় ব্যবহার করিবার আগে, মেসিনের ফীল্ড, আর্মেচার প্রভৃতির

(১) সংযোগের নিরবচ্ছিন্নতা,

(২) সর্ট-সারকিট,

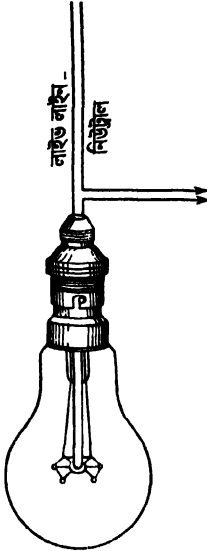
(৩) বাহিরের আবরণের সহিত বিদ্যুৎবাহী তারের সংযোগ,
(৪) অন্তরণের রোধ, এবং
(৫) উত্তাপ বৃদ্ধি

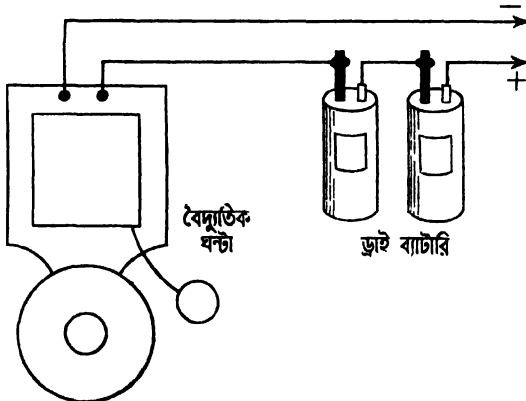
বিশেষ যত্নের সহিত পরীক্ষা করিয়া দেখা দরকার। এই সকল পরীক্ষার ফল ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী, কিংবা ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশমত, সন্তোষজনক না হইলে সেই মেসিন কোন অবস্থাতেই ব্যবহার করা উচিত নহে। যদি কার্যস্থলে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া যায়, তবে সাধারণতঃ একটি বিজলী বাতি আর খানিকটা তার সংগ্রহ করিতে পারিলেই ছোট ছোট মেসিনের উপর অধিকাংশ পরীক্ষার কাজ মোটামুটি ভাবে সম্পন্ন করা চলে। বিদ্যুৎ সরবরাহের অভাবে এই কাজগুলি ড্রাই সেল আর বৈদ্যুতিক ঘণ্টার সাহায্যেও করা যায়। তবে মেসিন ভালভাবে পরীক্ষা করিয়া ঐ সকল পরীক্ষার ফলাফল লিখিয়া রাখিতে হইলে পরীক্ষার কাজে অ্যাম্মিটার, ভোল্টমিটার, মেগার প্রভৃতি পরিমাপকারী যন্ত্র ব্যবহার করা প্রয়োজন।

(১) সংযোগের নিরবচ্ছিন্নতা পরীক্ষা বা কণ্টিনিউয়িটি টেস্ট (Continuity Test)

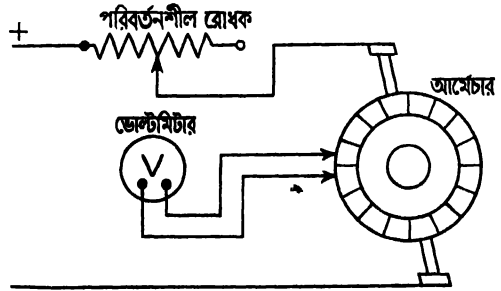
লাইন আর মেসিনের ভিতরে যে-সকল বিদ্যুৎবাহী অংশ আছে, তাহাদের সংযোগ কোন জায়গায় খোলা কিংবা কাটা আছে কিনা তাহা দেখিবার জন্য এই পরীক্ষা করা হয়। ডি সি. মেসিনের ক্ষেত্রে সরবরাহ লাইনের সহিত আর্মেচার আর ফীল্ড-কয়েলের, ফীল্ড-কয়েলের সহিত ব্রাশের, ব্রাশের সহিত কম্যুটেটারের এবং কম্যুটেটারের সহিত আর্মেচার-কয়েলের সংযোগ নিরবচ্ছিন্ন থাকা একান্ত দরকার। এই সংযোগের কোন অংশে যদি সারকিট কোথায়ও খোলা (open) বা কাটা থাকে, কিংবা যেমনভাবে সংযোগ থাকা উচিত যদি তেমনভাবে না থাকে, তবে মেসিন ঠিকমত চলিতে বা পুরা শক্তি উৎপাদন করিতে (output) পারে না। তাই চালু করিবার আগে প্রত্যেক মেসিনের উপর এই পরীক্ষা বিশেষ যত্ন সহকারে করা উচিত। পরীক্ষার কাজ যে বাতির সাহায্যে করা হয়, সাধারণভাবে তাহাকে "টেস্ট-বাতি" (testing lamp) বলে।

সরবরাহ লাইনের বিদ্যুৎবাহী তারের (live line) সহিত সিরিজে একটি বাতি যোগ করিয়া সেই বাতি হইতে একগাছা অন্তরিত তার (insulated wire) আর নিউট্রাল লাইন হইতে আর একগাছা অন্তরিত তার লইয়া (১৬৮নং চিত্র) মেসিনের যে যে অংশের মধ্যে সংযোগের নিরবচ্ছিন্নতা দেখা দরকার, সেই সেই অংশের দুই প্রান্তের সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে। এই অবস্থায় বাতি যদি জ্বলে তবে বুঝিতে হইবে সংযোগ ঠিক আছে, নইলে কোথায়ও খোলা কিংবা কাটা আছে। তবে বাতি কিভাবে জ্বলিতেছে তাহাও লক্ষ্য করা দরকার। একটি ফীল্ড-কয়েল হইতে যে দুইটি তার বাহির হয়, তাহাদের সহিত টেস্ট-বাতি ধরিলে

কারেণ্ট যখন ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করে, তখন বাতির তার (filament) কেবলমাত্র লাল হওয়া কিংবা বাতি হইতে সামান্য আলো দেওয়া উচিত। কিন্তু এখানে যদি বাতি খুব জোরে জ্বলিতে থাকে, তবে বুঝিতে হইবে কয়েলে সর্ট-সারকিট আছে। সেইরূপ, দুইটি ব্রাশের সঙ্গে টেস্ট-বাতি ধরিলেও আলো অপেক্ষাকৃত কম হওয়া উচিত; কেননা তখন কারেণ্ট এক ব্রাশ হইতে একে একে অনেকগুলি আর্মেচার-কয়েলের মধ্য দিয়া তবে অন্য ব্রাশে যায়। সুতরাং এখানেও যদি বাতি জোরে জ্বলে, তবে বুঝিতে হইবে আর্মেচারের কয়েলে কোন দোষ আছে। তবে ফীল্ড পরীক্ষা করিবার সময় বাতি যতটা জোবে জ্বলে, আর্মেচার পরীক্ষা করিবার সময় তাহা অপেক্ষা কিছুটা বেশী জোরে জ্বলিবেই। এই দুই জায়গা ছাড়া অন্য যত জায়গায় সংযোগের ধাবাবাহিকতা পরীক্ষা করিতে হয়, সর্বত্রই সারকিটে কোন দোষ না থাকিলে বাতি জোরে জ্বলা উচিত।

বাতির সাহায্যে কণ্টিনিউয়িটি পরীক্ষা
১৬৮নং চিত্র

বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া না গেলে উপরের এই পরীক্ষা ড্রাই ব্যাটারি আর বৈদ্যুতিক ঘণ্টার সাহায্যেও করা চলে। ব্যাটারি আর ঘণ্টা পরস্পরের সহিত সিরিজে যুক্ত থাকে। যে সারকিটের সংযোগ পরীক্ষা করিতে হইবে, তাহার দুই প্রান্ত ব্যাটারি আর ঘণ্টার খোলা প্রান্তের সহিত দুইগাছা অন্তরিত তারের সাহায্যে সংযুক্ত করিয়া দিতে হয় (১৬৯নং চিত্র)।

ড্রাই সেল ও বৈদ্যুতিক ঘণ্টার সাহায্যে কণ্টিনিউয়িটি পরীক্ষা
১৬৯নং চিত্র

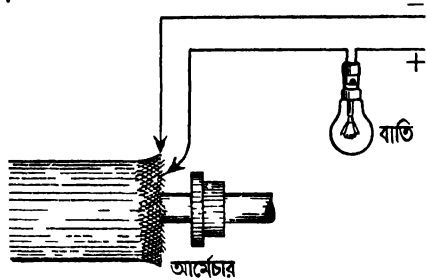
যদি ঘণ্টা বাজিয়া ওঠে, তবে বুঝিতে হইবে সংযোগের ধারাবাহিকতা ঠিক আছে ; আর যদি ঘণ্টা না বাজে, তবে বুঝিতে হইবে তার বা কয়েল কোথায়ও খোলা কিংবা কাটা আছে। এখানেও ঘণ্টা কত জোরে বা কত আস্তে বাজিতেছে তাহা হইতে বুঝা যায় বর্তনীতে সর্ট-সারকিট বা অন্য কোন দোষ আছে কিনা।

আর্মেচারের কয়েল কোথায়ও খোলা কিংবা কাটা আছে কিনা, তাহা ভোল্টমিটারের সাহায্যেও পরীক্ষা করিয়া জানা যায়। এই পরীক্ষার সময় আর্মেচার সরবরাহ লাইনের সহিত যেভাবে সংযুক্ত থাকে, তাহা ১৭০ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। প্রথমে লাইনের সহিত সিরিজে একটি বেশী রেজিস্ট্যান্সের পরিবর্তনশীল রোধক সংযুক্ত কর। এই রোধক, ব্রাশ আর কম্যুটেটারের মধ্য দিয়া আর্মেচারে কারেন্ট পাঠাইয়া একটি ভোল্টমিটারের দুই প্রান্ত পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্টের গায়ে ঠেকাইয়া ধর, আর যতক্ষণ ভোল্টমিটারের কাঁটা উপযুক্ত স্থানে সরিয়া না যায়, ততক্ষণ একটু একটু করিয়া বর্তনীর রেজিস্ট্যান্স কমাইতে থাক। ভোল্টমিটারে ঠিকমত নির্দেশ পাওয়ামাত্র পরিবর্তনশীল রোধককে সেই অবস্থায় রাখিয়া দাও। এখন দুইটি দুইটি কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্টের গায়ে ভোল্টমিটারের তার ঠেকাইলে দেখিতে পাইবে যে, প্রায় সকল ক্ষেত্রেই ভোল্টমিটারের কাঁটা স্কেলের উপর সমান দূরে সরিয়া যাইতেছে। ইহা হইতে বুঝা যাইবে যে, এই সেগ্‌মেন্টগুলির সহিত যে-সকল কয়েলের সংযোগ আছে, সেই সকল কয়েলে কোন দোষ নাই।

ভোল্টমিটারের সাহায্যে আর্মেচারের কয়েল পরীক্ষা
১৭০নং চিত্র

এখন মনে কর, কম্যুটেটারের বাঁ দিকে কোন-দুইটি সেগ্‌মেন্টের সহিত যে কয়েলটি ঝালাই করা আছে, তাহার সংযোগ খোলা বা কাটা। সুতরাং উপরের দিকের ব্রাশটি যদি পজিটিভ বলিয়া ধরা যায়, তবে ঐ পজিটিভ ব্রাশ হইতে পরীক্ষা আরম্ভ করিলে নেগেটিভ ব্রাশ পর্যন্ত ডানদিকের সমস্ত সেগ্‌মেন্টগুলিতে ভোল্টমিটারের কাঁটা প্রায় সমান ভোল্টেজ দেখাইবে। কিন্তু পজিটিভ ব্রাশের বাঁ দিকে যে-কোন দুইটি সেগ্‌মেন্টের সঙ্গে ভোল্টমিটারের তার ঠেকাইলে মিটারে কোন ভোল্টেজ দেখাইবে না, কারণ কয়েলের সংযোগ খোলা থাকায় কম্যুটেটারের ঐ অংশ দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারিতেছে না। কিন্তু যে কয়েলটির সংযোগ কাটা বা খোলা আছে, তাহার দুই প্রান্তের সহিত ঝালাই করা কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্ট দুইটিতে ভোল্টমিটারের তার ঠেকাইলে মিটারে খুব বেশী ভোল্টেজ দেখাইবে, কারণ ঐ অবস্থায়

ভোল্টমিটারের মধ্য দিয়া বর্তনী সম্পূর্ণ হয় বলিয়া কারেণ্ট বাঁ দিকের কয়েলগুলি দিয়াও তখন প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করিবে।

(২) সর্ট-সারকিট পরীক্ষা (Short-Circuit Test)

সর্ট-সারকিটের পরীক্ষা কণ্টিনিউয়িটি পরীক্ষারই বিশেষ অবস্থা। যেখানে সংযোগের ধারাবাহিকতা বজায় থাকা উচিত নহে, কিংবা ফীল্ড আর আর্মেচার-কয়েলের ক্ষেত্রে যেখানে সংযোগও নিরবচ্ছিন্ন থাকিবে অথচ অনেক তারের ভিতর দিয়া কারেণ্ট প্রবাহিত হয় বলিয়া টেষ্ট-বাতি বেশী জোরে জ্বলিবে না, সেখানে যদি একটি কয়েলের সহিত অন্য একটি কয়েলের, অথবা ইন্‌সুলেশন ছিঁড়িয়া গিয়া একটি তারের সহিত অন্য একটি তারের ঠেকা-ঠেকি হইয়া যায়, তবে ঐ অংশে সর্ট-সারকিট হওয়াব জন্য কারেণ্ট সমস্ত তারের ভিতর দিয়া প্রবাহিত না হইয়া সর্ট-সারকিটের মধ্য দিয়া সোজা রাস্তায় প্রবাহিত হইবে। ইহাতে সারকিটের রেজিস্ট্যান্স কম হইবে, আর বাতি জোরে জ্বলিবে। ফীল্ড-কয়েল আর আর্মেচারের সর্ট-সারকিট বাতির সাহায্যে যেভাবে পরীক্ষা করা হয়, তাহা যথাক্রমে ১৭১ (ক) আর ১৭১(খ)নং চিত্র দুইটিতে দেখানো হইয়াছে। টেস্ট-বাতির দুইটি তার ফীল্ড-কয়েলের দুই প্রান্তে ঠেকাইলে যদি আলো অতি অল্প জ্বলে কিংবা বাতির তার কেবলমাত্র লাল হয়, তবে বুঝিতে হইবে কয়েল ভাল আছে, আর যদি বাতি খুব জোরে জ্বলে, তবে বুঝিতে হইবে কয়েলের ভিতরে সর্ট-সারকিট আছে।

ফীল্ড-কয়েলের সর্ট-সারকিট পরীক্ষা
১৭১ (ক)নং চিত্র

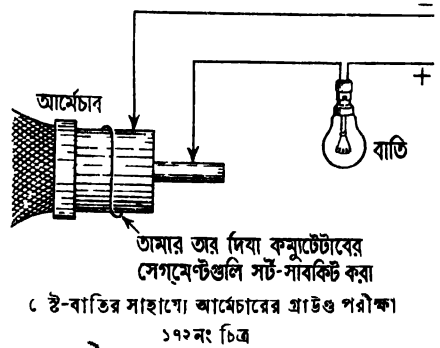
আর্মেচার-কয়েলের সর্ট-সারকিট পরীক্ষা
১৭১(খ)নং চিত্র

আর্মেচার-কয়েলের সর্ট-সারকিট পরীক্ষা করিবার সময় টেস্ট-বাতির তার পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি কম্যুটেটার-সেগমেণ্টের গায়ে পরে পরে ঠেকাইতে হইবে। যে কয়েলে সর্ট-সারকিট আছে, সেই কয়েলের লুপ দুইটির সঙ্গে টেস্ট বাতির তার ঠেকিলেই আলো জোরে জ্বলিয়া উঠিবে; আর যে কয়েলগুলিতে সর্ট-সারকিট নাই, তাহাদের প্রান্তের সহিত টেস্ট-বাতির তার সংযুক্ত হইলে আলো অল্প হইবে আর বাতি একই রকমভাবে জ্বলিবে।

বাতির পরিবর্তে এই পরীক্ষা ড্রাই সেল আর বৈদ্যুতিক ঘণ্টার সাহায্যেও করা চলে। বাতি যেখানে জোরে জ্বলে, ঘণ্টা সেখানে জোরে বাজিবে, আর বাতির আলো যেখানে কম থাকে, ঘণ্টা সেখানে আস্তে বাজিবে।

ভোল্টমিটারের সাহায্যেও আর্মেচার-কয়েলের সর্ট-সারকিট পরীক্ষা করা যায়। এই পরীক্ষা কণ্টিনিউয়িটি পরীক্ষার ন্যায় একই উপায়ে করিতে হয়। ১৭০নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে সেইভাবে সংযোগ করিয়া প্রথম আর্মেচারে কারেণ্ট পাঠাও, পরে ভোল্টমিটারের তার দুইটি দুইটি সেগ্‌মেণ্টের গায়ে ঠেকাইয়া কাঁটা কতটা সরিয়া যাইতেছে তাহা লক্ষ্য কর। যে-সকল কয়েলে কোন দোষ নাই, তাহাদের সঙ্গে ঝালাই করা সেগ্‌মেণ্টের গায়ে ভোল্টমিটারের তার ঠেকাইলে মিটারে সমান ভোল্টেজ দেখাইবে, কিন্তু যে কয়েলের তারে তারে ঠেকাঠেকি হইয়া আছে, তাহার সঙ্গে ঝালাই করা সেগ্‌মেণ্টের গায়ে তার ঠেকাইলে ভোল্টমিটারে খুব সামান্য ভোল্টেজ দেখাইবে। আর যদি কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে পুরাপুরি সর্ট-সারকিট থাকে, তবে মিটারে কোন ভোল্টেজই দেখাইবে না।

(৩) বাহিরের আবরণের সহিত বিদ্যুৎবাহী তারের সংযোগ পরীক্ষা বা গ্রাউণ্ড টেস্ট (Ground Test)

কোন মেসিনের বিদ্যুৎবাহী তারের সহিত যদি উহার বাহিরের কাঠামো (frame), পোল-কোর, আর্মেচার-কোর প্রভৃতির সংযোগ ঘটে, তবে সারকিটের সেই অংশে 'গ্রাউণ্ড' আছে—এইরূপ বলা হয়। সর্ট-সারকিট পরীক্ষার ন্যায় এই পরীক্ষাও একটি টেস্ট-বাতি, কিংবা একটি ড্রাই ব্যাটারি আর বৈদ্যুতিক ঘণ্টা, কিংবা একটি ভোল্টমিটারের সাহায্যে করা চলে; আবার ইনসুলেশন টেস্টিং মেগারের (Insulation Testing Megger) সাহায্যেও এই পরীক্ষা খুব সহজে করা যায়। তবে পরিবাহীর অন্তরণের রোধ কত তাহা দেখিবার জন্যই সাধারণতঃ মেগার ব্যবহার করা হইয়া থাকে। বাতির সাহায্যে এই পরীক্ষা যেভাবে করা হয়, তাহা ১৭২নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

টেস্ট-বাতির সাহায্যে আর্মেচারের গ্রাউণ্ড পরীক্ষা

১৭২নং চিত্র

সরবরাহ লাইনের সহিত সিরিজে টেস্ট-বাতি যোগ করা থাকে। সেই বাতি হইতে একটি অন্তরিত তার আনিয়া ফীল্ড-কয়েলের এক প্রান্তের সহিত কিংবা কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের গায়ে ঠেকাইয়া লাইনের অন্য তারটি আর্মেচারের শাফ্‌ট, আর্মেচারের কোর, ফীল্ডের পোল-কোর, মেসিনের কাঠামো প্রভৃতির সঙ্গে একে একে ঠেকাইতে হয়। যেখানে আলো জ্বলিয়া ওঠে (আলোর পরিমাণ যত কমই হউক না কেন),

বুঝিতে হইবে সেখানে "গ্রাউণ্ড" আছে ; আর আলো না জলিলে বুঝিতে হইবে সারকিট ভাল আছে। কম্যুটেটারের উপরে একগাছা খোলা (bare) তামার তার ভালভাবে জড়াইয়া লইয়া গ্রাউণ্ড টেস্ট করিলে সাধারণভাবে আর্মেচারের কোন জায়গায় দোষ আছে কিনা তাহা জানা যায়।

আর্মেচার আর ফীল্ড-কয়েল ছাড়া মেসিনের টার্মিন্যাল আর ব্রাশ-হোল্ডারেও গ্রাউণ্ড হইতে পারে। সাধারণতঃ টার্মিন্যালের বুশ ভাঙ্গিয়া বা ফাটিয়া গিয়া, অথবা টার্মিন্যালের বাক্সের মধ্যে ধূলা আর তেল জমা হইয়া, এই গ্রাউণ্ডের সৃষ্টি হয়। গ্রাউণ্ড যত সামান্যভাবেই হউক না কেন, ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুসারে প্রত্যেক মেসিনের কাঠামো ভূমি-সংযুক্ত (earthed) থাকে বলিয়া মেসিন যতক্ষণ চলে, ততক্ষণ ঐ গ্রাউণ্ডের মধ্য দিয়া তড়িৎ-শক্তির অপচয় ঘটিতে থাকে। সেইজন্য বিদ্যুৎবাহী তারের সহিত মেসিনের কাঠামোর যাহাতে কোথায়ও কোন সংযোগ না থাকে, তাহা খুব ভালভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখা উচিত।

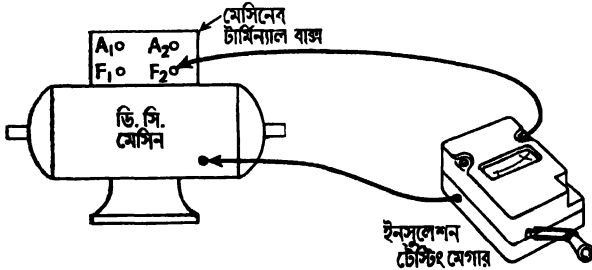
টেস্ট-বাতির পরিবর্তে যখন ব্যাটারি আর বৈদ্যুতিক ঘণ্টা ব্যবহার করা হয়, তখন ব্যাটারির খোলা প্রান্ত হইতে একগাছা আর ঘণ্টার খোলা প্রান্ত হইতে আর একগাছা অন্তরিত তার আনিয়া একটি তারকে ফীল্ড-কয়েলের প্রান্তে বা কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের গায়ে আর অন্য তারটিকে কাঠামোর গায়ে ঠেকাইতে হয়। যদি ঘণ্টা বাজিয়া ওঠে, তবে বুঝিতে হইবে মেসিনের ঐ অংশে গ্রাউণ্ড আছে ; আর যদি ঘণ্টা না বাজে, তবে বুঝিতে হইবে সারকিট ভাল আছে।

(৪) অন্তরণের রোধ পরীক্ষা বা ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স টেস্ট (Insulation Resistance Test)

কোন অন্তরিত তার বা ইন্‌সুলেশন দেওয়া পরিবাহীর মধ্য দিয়া যখন তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তখন ইন্‌সুলেশনের মধ্য দিয়াও কিছু না কিছু কারেণ্ট পরিবাহী হইতে বাহিরে চলিয়া যায় এবং নষ্ট হয়। ইহার নাম কারেণ্ট 'লীক' (leak) করা। যে কারেণ্ট লীক করে, ইংরাজিতে তাহাকে **"লীকেজ কারেণ্ট"** (**Leakage Current**) বলে ; বাংলায় তাহাকে 'বিদ্যুৎ-নির্গমন' বলা যাইতে পারে। লীক করিবার সময় কারেণ্ট অন্তরণের দ্বারা যতটা বাধা পায়, তাহাই ঐ অন্তরণের 'ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স' বা রোধ। কারেণ্ট যত বেশী লীক করে, ততই শক্তির অপচয় বেশী ঘটে। সুতরাং কয়েলের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স যত বেশী পাওয়া যায়, ততই মেসিনের পক্ষে তাহা ভাল। ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স সাধারণতঃ মেগওম (megohm)-এ মাপা হইয়া থাকে, আর ম্যাট্রিক পদ্ধতি অনুসারে এক মেগওম দশলক্ষ ওমের সমান। এই কারণেই যে যন্ত্রের সাহায্যে তারের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মাপা হয়, তাহার নাম 'ইন্‌সুলেশন টেস্টিং মেগার' (Insulation Testing Megger) বা সংক্ষেপে 'মেগার'।

মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মাপা বড়ই দরকার, কেননা এই রেজিস্ট্যান্সের উপরেই মেসিনের ভালমন্দ অনেকখানি নির্ভর করে। যদি অন্তরণের রোধ এত বেশী

হয় যে, আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল, কম্যুটেটার প্রভৃতি বিদ্যুৎবাহী অংশ হইতে কারেন্ট কিছুমাত্র লীক করিতে না পারে, তবে মেসিনের পক্ষে তাহাই সর্বোৎকৃষ্ট অবস্থা। এমন অবস্থায় মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স 'ইন্‌ফিনিটি' (infinity) বা সীমাহীন হয়। লীকেজ কারেন্ট যত বৃদ্ধি পায়, তারের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্সও তত কমিতে থাকে। যখন ইন্‌ফিনিটি অপেক্ষা কম থাকে, তখন ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মেগওম-এ মাপা হয়। লীকেজ কারেন্ট আরও বেশী হইলে ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স আরও কম হয়। তখন আর তাহা মেগওম-এও মাপা চলে না। অবশেষে যখন সমস্ত কারেন্ট লীক করিতে আরম্ভ করে, তখন ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স শূণ্য হইয়া যায়। এই অবস্থাই মেসিনের সর্ট-সারকিটের অবস্থা।

ডি. সি. মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স সাধারণতঃ মেগার দিয়াই মাপা হয়। তবে উপযুক্ত ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া গেলে ভোল্টমিটারের সাহায্যেও ইহার পরিমাণ নির্ণয় করা চলে। মেগারের সাহায্যে যেভাবে ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মাপা হয়, তাহা ১৭৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

মেগারের সাহায্যে ডি. সি. মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়
১৭৩নং চিত্র

মেসিন যদি ভূমি-সংযুক্ত বা আর্থ (connected to general mass of earth) করা থাকে, তবে প্রথমেই মেগারের একটি প্রান্ত আর্থের তারের সহিত সংযুক্ত করিয়া অন্য প্রান্ত হইতে আর একগাছা তার লইয়া তাহা মেসিনের টার্মিন্যাল-বাক্সের মধ্যে অবস্থিত প্রান্তগুলির সহিত ভালভাবে সংযুক্ত করিয়া দিতে হইবে। আর মেসিন যদি আর্থ করা না থাকে, তবে উহার কাঠামোর মধ্যে যেখানে আর্থের তার লাগাইবার বন্দোবস্ত আছে, সেইখানে মেগারের প্রান্তটি একটি তারের সাহায্যে সংযুক্ত করিতে হইবে। পরে মেগারের গায়ে যে হাতল আছে তাহা জোরে ঘুরাইলে যন্ত্রের কাঁটা স্কেলের উপর যেখানে আসিয়া দাঁড়াইবে, তাহাই মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স হইবে। মেগারের হাতল যতক্ষণ ঘুরানো হয়, ততক্ষণ তাহা সমান জোরে ঘুরানো উচিত। পরীক্ষার সময় মিটারের কাঁটা যত ওম বা যত মেগওম দেখায়, তাহা একটি কাগজে লিখিয়া রাখিতে হয়। পরে হিসাব করিয়া দেখিতে হয় ইন্‌সুলেশনের ঐ রেজিস্ট্যান্স ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন

অনুযায়ী কিংবা ভারতীয় মানক সংস্থার হিসাবমত সন্তোষজনক হইয়াছে কিনা। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৪৮নং নিয়মে বলা হইয়াছে যে, কোন বৈদ্যুতিক সংস্থাপন বা যন্ত্রপাতি হইতে যে বিদ্যুৎ-নির্গমন (current leakage) হয়, তাহার সর্বোচ্চ পরিমাণ সংস্থাপন বা যন্ত্রপাতির জন্য সর্বাপেক্ষা যত বেশী বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় তাহার পাঁচ হাজার ভাগের এক ভাগ অপেক্ষা বেশী হইবে না। এই হিসাব অনুসারে মেসিনের সর্বোচ্চ লীকেজ কারেণ্ট বাহির করিয়া তাহার দ্বারা যদি মেসিনের টার্মিন্যাল ভোল্টেজকে ভাগ করা যায়, তবে ভাগফল যত পাওয়া যাইবে, মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স কমপক্ষে তত ওম হইবে। উদাহরণস্বরূপ, মনে কর একটি ২০০ ভোল্টের ডি. সি. মোটর পূরা লোডে ৫ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে। সুতরাং ঐ মোটরের

$$\text{সর্বোচ্চ লীকেজ কারেণ্ট} = \frac{৫}{৫০০০} = ০\cdot০০১ \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। আর এই লীকেজ কারেণ্ট অনুযায়ী মেসিনের সর্বাপেক্ষা কম

$$\text{ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স} = \frac{২০০}{০\cdot০০১} = ২০০০০০ \text{ ওম বা } ০\cdot২ \text{ মেগওম}$$

হওয়া উচিত। পরীক্ষার সময় মেগারের কাঁটা যদি ইহা অপেক্ষা কম দেখায়, তবে সেই মেসিন ব্যবহার করা চলিবে না।

ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ নং ৮.৪ আই এস : ৯০০ – ১৯৬৫ (সংশোধিত) অনুসারে ডি. সি. মোটরের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স উহার ওয়াইণ্ডিং আর কাঠামোর মধ্যে মেগারের সাহায্যে মাপিতে হইবে। ৮.৪.১ আই এস : ৯০০ – ১৯৬৫ (সংশোধিত) নং নির্দেশে বলা হইয়াছে যে, অনুমোদনযোগ্য সর্বনিম্ন ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মেসিনের ঠাণ্ডা অবস্থায় প্রতি কিলোভোল্ট তড়িৎ-চাপের জন্য ১ মেগওম হিসাবে হইবে, এবং যেখানে তড়িৎ-চাপ ১ কিলোভোল্ট অপেক্ষা কম, সেখানেও এই রেজিস্ট্যান্স ১ মেগওম অপেক্ষা কম হইবে না (1 megohm/kv with a minimum of 1 megohm when the machine is cold)। পরীক্ষার দ্বারা যদি দেখা যায় যে, মেসিনের ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স এই নির্দেশ অপেক্ষা কম আছে, তবে মেসিনের টার্মিন্যালে পূরা লাইন-ভোল্টেজ প্রয়োগ করিবার আগে উহাকে ভালভাবে গরম করিতে হইবে (dried out), পরে মেসিন ঠাণ্ডা হইলে মাপিয়া দেখিতে হইবে ঐ রেজিস্ট্যান্স কত আছে। যদি দেখা যায় তখনও ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স সন্তোষজনক হয় নাই, তবে নির্দেশ নং ১১২২ আই এস : ৯০০ – ১৯৬৫ (সংশোধিত) অনুসারে ওয়াইণ্ডিংয়ের উপর উৎকৃষ্ট শ্রেণীর ইন্‌সুলেটিং বার্নিশ লেপন করিয়া দিতে হইবে (a coat of good insulating varnish should be applied to the windings)।

মেগারের সাহায্যে ডি. সি. মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স কিভাবে মাপা হয়, এতক্ষণ সেই সম্বন্ধেই আলোচনা করা হইল। কিন্তু যেখানে উপযুক্ত ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া যায়, অর্থাৎ যেখানে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ মেসিনের টার্মিন্যাল

ভোল্টেজের সমান হয়, সেখানে কেবলমাত্র একটি ভোল্টমিটারের সাহায্যেই ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মাপা চলে। তবে কার্যক্ষেত্রে এই পদ্ধতি বিশেষ ব্যবহার করা হয় না। মেসিন আর ভোল্টমিটার লাইনের সহিত কিভাবে সংযুক্ত থাকে, তাহা ১৭৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

ভোল্টমিটারের সাহায্যে ডি. সি. মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স টেস্ট

১৭৪নং চিত্র

প্রথমে লাইনের পজিটিভ আর নেগেটিভ তারের মধ্যে ভোল্ট-মিটারকে সংযুক্ত করিয়া লাইনের ভোল্টেজ কত তাহা দেখিয়া লও। মনে কর, মিটারের নিদেশ হইতে লাইনের তড়িৎ-চাপ V-ভোল্ট পাওয়া গেল। পরে, মেসিনের কাঠামো যদি আর্থ করা থাকে তবে সেই আর্থের তারের সঙ্গে, নইলে সুবিধামত জায়গায় একটি তারকে আর্থ করিয়া লইয়া তাহার সঙ্গে ভোল্টমিটারের নেগেটিভ টার্মিন্যালকে সংযুক্ত কর। ভোল্টমিটারের পজিটিভ টার্মিন্যাল হইতে একগাছা তার লইয়া মেসিনের পজিটিভ টার্মিন্যালে ঠেকাও এবং মিটারের কাঁটা কত নির্দেশ করে তাহা দেখিয়া লও। মনে কর, এই নির্দেশ V_1-ভোল্টের সমান। পরে আবার ঐ তারকে মেসিনের নেগেটিভ টার্মিন্যালে ঠেকাও এবং মনে কর এইবার মিটারে V_2-ভোল্ট দেখাইতেছে। এই সময় ভোল্টমিটারের কাঁটা যদি উল্টাদিকে যাইতে চেষ্টা করে, তবে উহার সংযোগ উল্টা করিয়া দাও, অর্থাৎ ভোল্টমিটারের পজিটিভ টার্মিন্যালকে আর্থের তারের সঙ্গে আর নেগেটিভ টার্মিন্যালকে মেসিনের নেগেটিভ টার্মিন্যালের সঙ্গে যোগ কর।

এখন, ভোল্টমিটারের রেজিস্ট্যান্স কত তাহা জানিতে হইবে। যে ভোল্টমিটারের রেজিস্ট্যান্স জানা নাই, তাহার দ্বারা এই পরীক্ষার কাজ সম্পন্ন করা চলে না। মিটারের রেজিস্ট্যান্স জানা গেলে মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স তখন নিম্নলিখিত সূত্রের সাহায্যে অঙ্ক কষিয়া বাহির করা যায়। মিটারের রেজিস্ট্যান্স যদি R_v ওম হয় তবে

$$\text{মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স} = \left[\frac{V-(V_1+V_2)}{V_1+V_2}\right] \times R_v \text{ ওম}$$

হইবে। উদাহরণস্বরূপ—

একটি ডি. সি. মেসিন পরীক্ষা করিবার সময় দেখা গেল সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ ২২০ ভোল্ট, মেসিনের পজিটিভ টার্মিন্যাল এবং আর্থের মধ্যে তড়িৎ-চাপ ১১০ ভোল্ট, মেসিনের নেগেটিভ টার্মিন্যাল এবং আর্থের মধ্যে তড়িৎ-চাপ ৫ ভোল্ট এবং ভোল্টমিটারের রেজিস্ট্যান্স ১৫০০০ ওম আছে। সুতরাং ঐ মেসিনের

$$\text{ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স} = \left[\frac{২২০-(১১০+৫)}{১১০+৫}\right] \times ১৫০০০ = ১৪৮৬৪ \text{ ওম}$$

হইবে। মেগারের সাহায্যে এখন যদি এই মেসিনকে পরীক্ষা করিয়া দেখা হয়, তবে সেক্ষেত্রেও ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মোটামুটি এই রকমই পাওয়া যাইবে।

ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্সের উপর আবহাওয়ার প্রভাব খুব বেশী। গ্রীষ্মকালের খট্‌খটে দিনে কোন মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স যত পাওয়া যায়, বর্ষাকালের বাদলা দিনে পরীক্ষা করিবার সময় ঐ রেজিস্ট্যান্স তাহা অপেক্ষা অনেক কম দেখায়। এইজন্য বারমাসের সকল সময়েই পরীক্ষার সমান ফল আশা করা উচিত নহে। উপরে ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্সের যে হিসাবের কথা বলা হইয়াছে, গ্রীষ্মকালে কিংবা খট্‌খটে দিনেই পরীক্ষার ফল সেইরূপ আশা করা যাইতে পারে। সাধারণতঃ বর্ষাকালে গ্রীষ্মকালের পরীক্ষার অর্ধেক ফল পাওয়া গেলেই সন্তুষ্ট থাকা উচিত, তবে সেই পরীক্ষার ফল যেন কোনক্রমেই সর্বনিম্ন ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা কম না হয়।

(৫) উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা বা টেম্পারেচার টেস্ট (Temperature Test)—

পুরান মেসিন মেরামতের পরেই সাধারণতঃ মেসিনের উপর এই পরীক্ষা করা হইয়া থাকে। আর্মেচার আর ফীল্ড-কয়েল মেরামতের পর কন্টিনিউয়িটি, সর্ট-সারকিট, গ্রাউণ্ড, ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স আর টেম্পারেচার টেস্ট করা দরকার। কম্যুটেটার মেরামতের পর তাহার গ্রাউণ্ড আর টেম্পারেচার টেস্ট করিতে হয়। বেয়ারিং মেরামতের পরেও তাহার টেম্পারেচার টেস্ট করা হইয়া থাকে।

যখন মেসিন চলিতে থাকে, তখন তড়িৎ-প্রবাহের দরুন উহার আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল এবং কম্যুটেটার, আর ঘর্ষণের জন্য উহার বেয়ারিং. অল্পবিস্তর গরম হয়। গরম খুব বেশী হইলে তাহা মেসিনের অনিষ্ট করে, এমনকি মেসিন পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। তাই চালু অবস্থায় প্রত্যেক মেসিনের কোন্ অংশে উত্তাপ কতটা বৃদ্ধি পায়, তাহা পরীক্ষা করিয়া দেখা দরকার। আর্মেচার কিংবা ফীল্ড-কয়েল যতটা কারেণ্ট সহ্য করিতে পারে, মেসিন দিয়া যদি তাহা অপেক্ষা বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হয় তবে ঐগুলি অতিশয় গরম হইয়া ওঠে। তখন কয়েলের গায়ে যে ইন্‌সুলেশন লাগানো থাকে, তাহা গলিতে আরম্ভ করে আর পোড়া গন্ধ বাহির হয়। চলিবার সময় কোন মেসিনকেই এত বেশী গরম হইতে দেওয়া উচিত নহে। যদি অন্য কোন জায়গায় দোষ না থাকে, তবে এমন অবস্থায় বুঝিতে হইবে আর্মেচার কিংবা ফীল্ড-কয়েল প্রয়োজনের তুলনায় বেশী সরু তার দিয়া জড়ানো হইয়াছে, তাই চলিতে চলিতে বেশী গরম হইয়া উঠিতেছে। তখন আবার তাহাদের নূতন করিয়া জড়াইয়া লওয়া ভিন্ন অন্য কোন উপায় থাকে না।

ডি. সি. মেসিনের এই দোষ প্রায়ই আর্মেচার আর ফীল্ড-কয়েল মেরামতের পরে দেখা দেয়। অনেক সময় আর্মেচার-কয়েল ঠিক থাকে, কিন্তু কয়েলের প্রান্ত কম্যুটেটারের সঙ্গে ভাল করিয়া ঝালা না থাকায় সংযোগ (contact) ঠিকমত হয় না; তখন কয়েল গরম হইয়া ওঠে, আর ইন্‌সুলেশন গলিয়া গিয়া পোড়া গন্ধ বাহির হয়। অনেক সময় কয়েলের সঙ্গে কম্যুটেটারও খুব গরম হইয়া ওঠে। তবে

এই দোষের প্রতিকার করা খুবই সহজ। কয়েলের যে প্রান্তগুলি আলগা হইয়া গিয়াছে, তাহাদের আবার সেগ্‌মেণ্টের সহিত ভালভাবে ঝালাই করিয়া দিলেই এই দোষ সারিয়া যায়। কম্যুটেটার বড় বেশী গরম হইলে তাহার রং পরিবর্তিত হয়। তামার রং যেমন লাল, কম্যুটেটারের রং আর তখন সেইরূপ থাকে না;—লালের সঙ্গে একটু নীল নীল বা বেগুনি আভা দেখা দেয়। যে-কোন কারণেই হউক, বেশী আগুন দিলে কম্যুটেটার গরম হইবেই। আবার পুরান মেসিনে অনেকবার টার্ণ করিয়া লওয়ার জন্ম সেগ্‌মেণ্টগুলি যখন পাতলা হইয়া যায়, তখনও কম্যুটেটার গরম হইয়া ওঠে। ইহার প্রতিকার, কম্যুটেটার বদলাইয়া ফেলা।

নূতন লাগাইবার পরে, কিংবা তেল না থাকিলে, বেয়ারিং প্রায়ই গরম হইতে থাকে। মেসিন বন্ধ করিয়া আর্মেচারের শাফ্‌ট হাত দিয়া ঘুরাইতে গেলে এমন অবস্থায় বেশী জোর লাগে। যখন বেয়ারিং বড় বেশী গরম হইয়া ওঠে, তখন যদি মেসিন তাড়াতাড়ি বন্ধ করিয়া রাখিয়া দেওয়া হয়, তবে আর্মেচার-শাফ্‌ট বেয়ারিংয়ের সঙ্গে জড়াইয়া যাওয়ার খুব বেশী আশঙ্কা থাকে। সেক্ষেত্রে বন্ধ করিবার পরে মেসিন ঠাণ্ডা না হওয়া পর্যন্ত উহার বেয়ারিংয়ে বেশী করিয়া ঘন ঘন তেল ঢালিতে হয়, আর আর্মেচারকে হাত দিয়া আস্তে আস্তে ঘুরাইতে হয়। ইহাতে আর্মেচার-শাফ্‌ট বেয়ারিংয়ের মধ্যে জড়াইয়া যাইতে পারে না। বেয়ারিং অতিরিক্ত গরম হইলে তেলের সঙ্গে কিছু 'গ্রাফাইট' বা 'ব্ল্যাক লেড' (graphite or black lead) গুঁড়া করিয়া মিশাইয়া দেওয়া ভাল। তেলের অভাবে, আর হাতের কাছে থাকে বলিয়া, অনেক সময় এই অবস্থায় বেয়ারিংয়ে জল ঢালা হইয়া থাকে। ইহাতে কিন্তু লোহার অংশে মরিচা ধরিবার আশঙ্কা দেখা দেয়। তেল বা জল যাহাই ঢালা হউক না কেন, তাহা যাহাতে আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল আর কম্যুটেটারের গায়ে কিছুমাত্র না লাগে সেই বিষয়ে সাবধান হওয়া দরকার।

মেসিনের কোন জায়গা বেশী গরম হইয়াছে কিনা, ছোট ছোট মেসিনের ক্ষেত্রে তাহা সাধারণতঃ সকলে হাত দিয়াই পরীক্ষা করিয়া দেখে। যদি হাতের উল্টা পিঠে উত্তাপ অসহ্য মনে না হয়, তবে বুঝিতে হইবে গরম হইলেও ঐ অংশ অতিরিক্ত গরম হইয়া ওঠে নাই। কিন্তু নিয়ম অনুসারে উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা করিতে হইলে ভারতীয় মানক সংস্থার ১১. ২. ২ আই এস : ৪৭২২—১৯৬৮ নং নির্দেশে যে সকল পদ্ধতির উল্লেখ করা হইয়াছে, সেই অনুসারে মেসিনকে পরীক্ষা করিয়া দেখা উচিত। এই নির্দেশে তিনটি পদ্ধতির কথা উল্লেখ করা আছে। যথা—

(ক) থার্মোমিটার পদ্ধতি (Thermometer Method),

(খ) রেজিস্ট্যান্স পদ্ধতি (Resistance Method), আর

(গ) ইম্বেডেড্ টেম্পারেচার ডিটেক্টর পদ্ধতি (Embedded Temperature Detector Method)।

ডি. সি. মেসিন পরীক্ষা করিবার জন্ম সাধারণতঃ প্রথম দুইটি পদ্ধতিই ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

(ক) থার্মোমিটার পদ্ধতি বা থার্মোমিটারের সাহায্যে মেসিনের উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা :—

থার্মোমিটারের সাহায্যে যখন মেসিনের উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা করা হয়, তখন যে অংশের উত্তাপ মাপিতে হইবে তাহার গায়ে থার্মোমিটারের "বাল্‌ব" ঠেকাইয়া ধরিতে হয়, আর এমন বন্দোবস্ত রাখিতে হয় যাহাতে পরীক্ষার সময় পারা (mercury) হইতে উত্তাপ বাহির হইয়া যাইতে না পারে। মেসিনের গায়ে এইভাবে থার্মোমিটারকে ধরিয়া রাখিলে দেখা যাইবে পারা ক্রমশঃ উপরের দিকে উঠিতেছে। যতক্ষণ পারা উঠিতে থাকে, ততক্ষণ থার্মোমিটারকে একইভাবে ধরিয়া রাখা দরকার। যখন পারা আর ওঠে না, কেবলমাত্র তখনই উত্তাপ কত হইল তাহা দেখিয়া লইতে হয়। গরম জায়গা হইতে থার্মোমিটারকে তুলিয়া লইলে পারা নীচের দিকে নামিতে আরম্ভ করে। তাই মেসিনের গায়ে উহা যে অবস্থায় থাকে, সেই অবস্থাতেই রাখিয়া দিয়া উত্তাপ দেখিয়া লওয়া উচিত। আর যদি তুলিয়া লওয়া নিতান্ত আবশ্যক হইয়া দাঁড়ায়, তবে যত তাড়াতাড়ি সম্ভব উত্তাপ দেখিয়া লইতে হয়।

ভারতীয় মানক সংস্থার ১১,২.৩ এবং ১১.২.৪ আই এস : ৪৭২২—১৯৬৮ নং নির্দেশে কোন্ অবস্থায় আর কিভাবে থার্মোমিটারের সাহায্যে মেসিনের উত্তাপ পরীক্ষা করিতে হইবে তাহা বলা হইয়াছে। এই নির্দেশ অনুসারে একটি সম্পূর্ণ মেসিনের যে যে অংশের গায়ে থার্মোমিটারের বাল্‌ব ঠেকাইয়া উত্তাপ কত আছে তাহা পড়িয়া লওয়া সম্ভব হইবে, সেই সেই অংশের উত্তাপ থার্মোমিটারের সাহায্যে মাপা চলিতে পারে। যদি মেসিনের কোন অংশে পরিবর্তনশীল বা গতিশীল কোন চুম্বক-ক্ষেত্র থাকে, তবে ঐ অংশের উত্তাপ মাপিবার সময় পারা দেওয়া থার্মোমিটারের পরিবর্তে সুরাসার বা অ্যাল্‌কোহল দেওয়া থার্মোমিটার (alcohol thermometer) ব্যবহার করা উচিত।

(খ) রেজিস্ট্যান্স পদ্ধতি বা রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয় করিয়া তাহার সাহায্যে মেসিনের উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা :—

ভারতীয় মানক সংস্থার ১১.২.৫ আই এস : ৪৭২২—১৯৬৮ নং নির্দেশে বলা হইয়াছে যে, কোন ওয়াইণ্ডিংয়ের উত্তাপ বৃদ্ধির পরিমাণ উহার রেজিস্ট্যান্স যতটা বৃদ্ধি পায় তাহা হইতে হিসাব কষিয়া বাহির করা চলে। তামার ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে নির্দেশ নং ১১.২.৭ আই এস : ৪৭২২—১৯৬৮ অনুসারে এই হিসাব নিম্নলিখিতরূপ হইবে :

$$\frac{t_2 + ২৩৫}{t_1 + ২৩৫} = \frac{R_2}{R_1}$$

এখানে

t_2 = পরীক্ষার শেষে গরম অবস্থায় ওয়াইণ্ডিংয়ের উত্তাপ (ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড),

t_a = পরীক্ষার শেষে ওয়াইণ্ডিংয়ের চতুষ্পার্শ্বের আবহাওয়ার উত্তাপ (ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড),

t_1 = পরীক্ষা সুরু হওয়ার সময় ঠাণ্ডা অবস্থায় ওয়াইণ্ডিংয়ের উত্তাপ (ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড),

R_2 = পরীক্ষার শেষে গরম অবস্থায় ওয়াইণ্ডিংয়ের রেজিস্ট্যান্স,

R_1 = পরীক্ষা সুরু হওয়ার সময় ঠাণ্ডা অবস্থায় ওয়াইণ্ডিংয়ের রেজিস্ট্যান্স।

এই সূত্র হইতে ওয়াইণ্ডিংয়ের উত্তাপ বৃদ্ধির পরিমাণ ($t_2 - t_a$) কত হইবে, তাহা নির্ণয় করা যায়। কার্যক্ষেত্রে উপরের সূত্রের বিকল্প হিসাবে নীচের সূত্রটিও ব্যবহার করা চলে :

$$t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1}(235 + t_1) + t_1 - t_a \text{ ।}$$

সর্বোচ্চ কত তাপমাত্রায় মেসিন পরিচালনা করা যাইতে পারে (Maximum Allowable Temperature-Rise of a D. C. Machine)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কোন ডি. সি মেসিন চলিবার সময় বেশী গরম হইয়া উঠিলে উহার আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল, বেয়ারিং প্রভৃতি নষ্ট হইয়া যাইবার আশঙ্কা থাকে। সুতরাং কোন মেসিন ঠিকভাবে পরিচালনা করিতে হইলে উহার উত্তাপ কতটা বৃদ্ধি পাইতে দেওয়া চলে, সেই বিষয়ে জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। প্রত্যেক মেসিনের ক্ষেত্রেই সর্বোচ্চ কত ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড তাপমাত্রা ঐ মেসিনের পক্ষে নিরাপদ তাহা সুস্পষ্টভাবে বলা থাকে , আর এই সর্বোচ্চ তাপমাত্রা সাধারণতঃ ঐ মেসিনে কোন্ শ্রেণীর ইন্সুলেশন ব্যবহার করা হইয়াছে তাহার উপরেই নির্ভর করে। চতুষ্পার্শ্বের আবহাওয়ার উত্তাপ যতটা থাকে, তাহার উপরে কোন্ শ্রেণীর ইন্সুলেশন আরও কত ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড তাপমাত্রা সহ্য করিতে পারিবে তাহা ভারতীয় মানক সংস্থার ১১.৩১ আই এস : ৪৭২২-১৯৬৮নং নির্দেশে বলা হইয়াছে। এই নির্দেশের ২নং তালিকা অনুসারে আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল, কম্যুটেটার প্রভৃতির তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রা অপেক্ষা A-শ্রেণীর ইন্সুলেশনের ক্ষেত্রে ৫০ হইতে ৬০ ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড পর্যন্ত, E-শ্রেণীর ইন্সুলেশনের ক্ষেত্রে ৬৫ হইতে ৭৫ ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড পর্যন্ত, আর B-শ্রেণীর ইন্সুলেশনের ক্ষেত্রে ৭০ হইতে ৮০ ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড পর্যন্ত বৃদ্ধি পাইতে পারে।

৮-২। ডি. সি. মেসিনের ভূমি-সংযোগ বা আর্থিং (Earthing of D. C. Machines)

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুসারে প্রত্যেক জেনারেটার আর মোটরের কাঠামো এবং অন্যান্য ধাতব অংশকে (যাহা পরিবাহী হিসাবে ব্যবহৃত হয় না) মাটির সহিত সংযুক্ত করিতে হয়। ছোট ছোট মোটরের ক্ষেত্রে যদি তড়িৎ-চাপ ২৫০ ভোল্টের বেশী না হয়, তবে একটিমাত্র পরিবাহীর সাহায্যেই ভূমি-সংযোগ করা চলে ; কিন্তু তড়িৎ-চাপ ২৫০ ভোল্ট অপেক্ষা বেশী হইলে, অর্থাৎ মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে,

দুইটি সম্পূর্ণ ও স্বতন্ত্র পরিবাহীর দ্বারাই মেসিনকে আর্থ করা নিয়ম। বৈদ্যুতিক আইনের ৬১ (২) নং নিয়মে বলা হইয়াছে, প্রতিটি জেনারেটারের, স্থায়িভাবে অবস্থিত মোটরের, এবং যতটা সম্ভব, বহনযোগ্য মোটরের কাঠামো, এবং সকল ট্র্যান্সফরমারের ও বিদ্যুৎ নিয়ন্ত্রণের জন্য ব্যবহৃত যে-কোনও যন্ত্রের এবং সকল মাঝারি তড়িৎ-চাপ ব্যবহার-কারী যন্ত্রের ধাতব অংশ (যাহা পরিবাহী হিসাবে ব্যবহৃত হইবে না) দুইটি সম্পূর্ণ ও স্বতন্ত্র সংযোগের দ্বারা মালিক কর্তৃক ভূমির সহিত যুক্ত হইবে। ৬১(৩)নং নিয়মে বলা হইয়াছে, কোনও বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইন বা যন্ত্রকে ধারণ করিবার বা রক্ষা করিবার জন্য ব্যবহৃত সকল ধাতব আচ্ছাদন বা আবরণকে ভূমির সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে, এবং সেইগুলিকে সংযোগ-বাক্সে এবং অন্যান্য প্রারম্ভিক জায়গার কাছে এমনভাবে জুড়িয়া দিতে আর সংযুক্ত করিতে হইবে যাহাতে তাহাদের সমগ্র দৈর্ঘ্য বরাবর ভাল যান্ত্রিক আর বৈদ্যুতিক সংযোগ বজায় থাকে। আইনের ৬১(৫) নং নিয়মে আরও বলা হইয়াছে, সরবরাহকারীর সকল ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থা শুষ্ক ঋতুতে আর শুকনা দিনে অন্যূন প্রতি দুই বৎসরে একবার পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে রেজিস্ট্যান্স ঠিক আছে কিনা।

কিন্তু এই ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থার রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ কত হইবে, সেই সম্বন্ধে বৈদ্যুতিক আইনে কোন সুস্পষ্ট নির্দেশ দেওয়া নাই। ভারতীয় মানক সংস্থার ১২.৩.২ আই এস: ৩০৪৩-১৯৬৬ (সংশোধিত ১৯৭১) নং নির্দেশে অবশ্য ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থার সর্বোচ্চ রেজিস্ট্যান্স কত হওয়া উচিত তাহা নির্ণয় করিবার জন্য একটি সূত্র দেওয়া আছে। সূত্রটি এইরূপ—

$$\text{আর্থিং রেজিস্ট্যান্স} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{পরিবাহী এবং আর্থের মধ্যে ভোল্টেজ}}{2.5 \times \text{সারকিটের সর্বাপেক্ষা বড় ফিউজ তারের অথবা সারকিট ব্রেকারের তড়িৎ-বহন ক্ষমতা}}$$

ঐ নির্দেশে ভূমি-সংযোগ রক্ষাকারী তারের আয়তন কত হইবে তাহাও বলা আছে। যদি তামার তার দিয়া আর্থ করা হয়, তবে মেসিনের সারকিটে সর্বাপেক্ষা বেশী মোটা তামার পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ যত থাকিবে, আর্থের তারের প্রস্থচ্ছেদ তাহার অর্ধেক হইবে। আর যদি গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার তার (galvanized iron wire) দিয়া আর্থ করা হয়, তবে আর্থের তারের প্রস্থচ্ছেদ সারকিটের সর্বাপেক্ষা বেশী মোটা তামার তারের প্রস্থচ্ছেদের সমান থাকিবে। সারকিটের বিদ্যুৎবাহী তার যদি অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহী হয়, তবে তাহার সমতুল তামার পরিবাহীর আয়তন কত হইবে তাহা প্রথমে নির্ণয় করিয়া পরে সেই অনুসারে আর্থের তারের আয়তন ঠিক করিতে হইবে। ধাতুনির্মিত কণ্ডুইট পাইপ সাধারণতঃ ভূমি-সংযোগ রক্ষাকারী পরিবাহী হিসাবে ব্যবহৃত হয় না। যদি উহাকে আর্থের তার হিসাবে ব্যবহার করিতে হয়, তবে পাইপের কাজ খুব নিখুঁত হওয়া দরকার। যেখানে একটি পাইপ শেষ হইয়া অন্য একটি পাইপ সুরু হইবে, কিংবা যেখানে পাইপের মাথা মেসিন, সুইচ, স্টার্টার, সংযোগের বাক্স (junction box) প্রভৃতির মধ্যে প্রবেশ করিবে, সেখানে

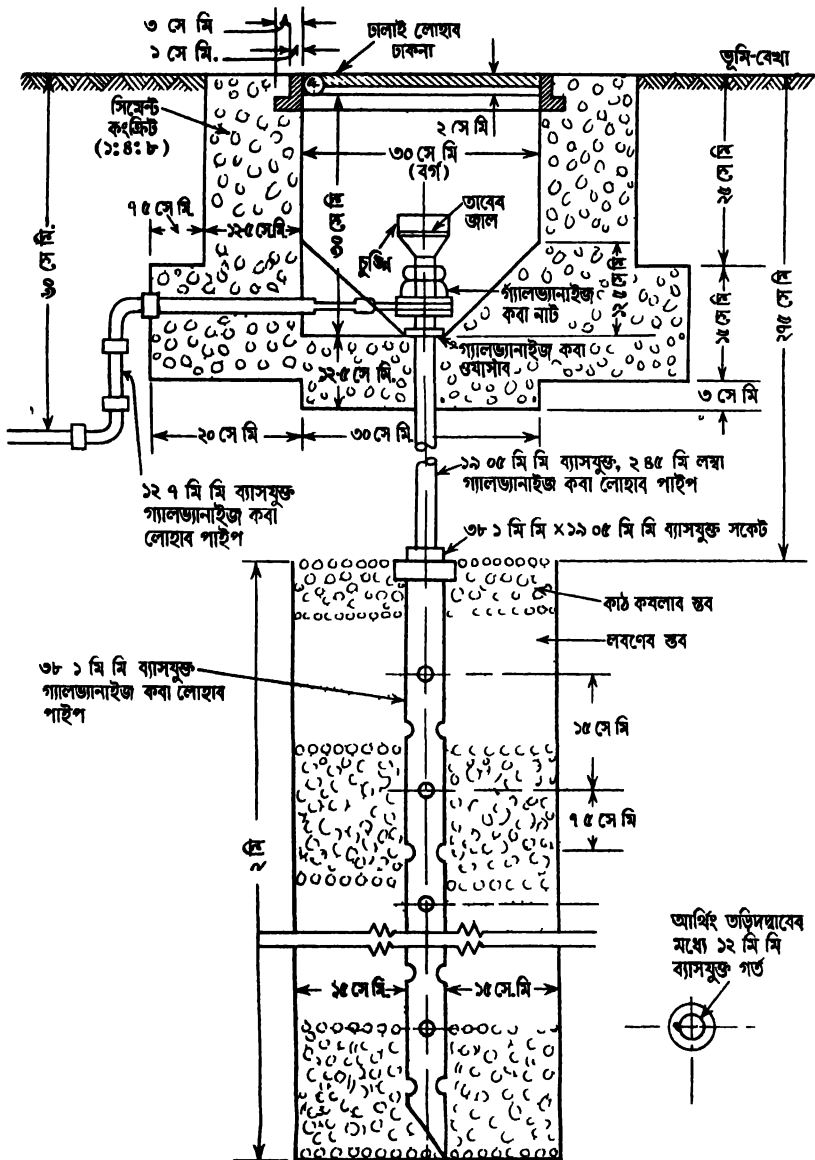
পাইপের মাথায় ভাল করিয়া প্যাচ কাটিয়া লক্‌নাট বা জ্যাম্‌নাটের সাহায্যে উভয় পাইপ অথবা পাইপ এবং যন্ত্রপাতির মধ্যে এমনভাবে সংযোগ করিতে হইবে যাহাতে সংযোগস্থলের তড়িৎ-বহন ক্ষমতা পাইপের তড়িৎ-বহন ক্ষমতা অপেক্ষা কম না হয়।

মাঝারি চাপের সংস্থাপন আর্থ করিবার জন্য দুইটি সম্পূর্ণ আলাদা তড়িদ্দ্বার (electrode) মাটি খুঁড়িয়া গর্তের মধ্যে বসাইতে হয়, এবং প্রত্যেকটি তড়িদ্দ্বার হইতে একটি করিয়া আলাদা আর্থের তার বাহিরে আনিয়া আর্থিং বাস-বার অথবা মেসিনের কাঠামোর সহিত সংযুক্ত করিতে হয়। আর্থিং বাস-বার কিংবা মেসিনের কাঠামো হইতে আবার আর্থের তার কণ্ডুইট পাইপ অথবা 'কেবল্' (cable)-এর সঙ্গে সঙ্গে অন্যান্য যন্ত্রপাতি পর্যন্ত লইয়া যাওয়া হয়। এইভাবে সংস্থাপনের বিভিন্ন মেসিন আর যন্ত্রপাতি, কণ্ডুইট পাইপ, যন্ত্রপাতি ও তারের ধাতুনির্মিত আচ্ছাদন প্রভৃতি ভূমির সহিত সংযুক্ত থাকে। তড়িদ্দ্বার বসাইবার জন্য যে দুইটি গর্ত খোঁড়া হয়, মানক সংস্থার নির্দেশ অনুসারে তাহাদের মধ্যে দূরত্ব ৫ মিটারের কম হইলে চলিবে না। তড়িদ্দ্বার এবং মাটির ভিতর গর্তের আয়তন কিরূপ হওয়া উচিত এবং কিভাবে গর্তের ভিতর তড়িদ্দ্বার বসাইয়া আর্থিংয়ের কাজ সম্পূর্ণ করিতে হয়, তাহার বিস্তৃত বিবরণ ভারতীয় মানক সংস্থার আই এস : ৩০৪৩-১৯৬৬ নং নির্দেশে দেওয়া আছে। চিত্রসহ এই নির্দেশের সংক্ষিপ্ত বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :

মেসিন আর্থ করিবার জন্য সাধারণতঃ গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার পাইপ (galvanized iron pipe) তড়িদ্দ্বার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। পাইপের মধ্য দিয়া কতটা কারেণ্ট যাইবে, আর গর্তের ভিতরে মাটি কি ধরনের হইবে, তাহার উপরেই পাইপের আয়তন নির্ভর করে। মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী গর্তের মধ্যে নরম আর স্যাঁতসেঁতে মাটি পাওয়া গেলে পাইপের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে ২ মিটার আর ব্যাস ৩৮·১ মিলিমিটার হইবে। আর যদি মাটি শুকনা এবং খুব শক্ত (rocky) হয়, তবে পাইপের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাইয়া ২·৭৫ মিটার হইবে। মাটির সহিত যাহাতে ভালভাবে সংযোগ হয় সেইজন্য পাইপের গায়ে সমান দূরে দূরে ১২ মিলিমিটার ব্যাসের কতকগুলি ছিদ্র করা থাকে।

গর্তের মধ্যে খাড়াভাবে পাইপকে বসাইয়া [১৭৫(ক) নং চিত্র] উহার নীচের অংশ যাহাতে সর্বদা ভিজা মাটির সংস্পর্শে থাকিতে পারে, সেইরূপ বন্দোবস্ত করিতে হয়। এইজন্য মাটির ভিতরে যতটা গভীরে ভিজা মাটি পাওয়া যায়, ততদূর পর্যন্ত গর্ত খুঁড়িতে হইবে। গর্তের গভীরতা সাধারণতঃ ৪·৭৫ মিটার হওয়া উচিত ; তবে যদি ইহার আগেই মাটি যথেষ্ট ভিজা পাওয়া যায়, সেক্ষেত্রে গভীরতা কিছু কম রাখিলেও চলে। পাইপের নীচের দিকে চারিপাশে ১৫ সেণ্টিমিটার পর্যন্ত জায়গা কাঠকয়লা আর লবণ দিয়া ঘিরিয়া দেওয়া দরকার। ইহাতে একদিকে যেমন কাঠকয়লা পাইপ আর মাটির মধ্যে সংযোগের আয়তন বৃদ্ধি করে, অন্যদিকে তেমনি লবণ আর্থের রেজিস্ট্যান্স কমাইয়া দেয়। গর্তের মধ্যে প্রথম স্তরে লবণ দ্বিতীয় স্তরে কাঠকয়লা, আবার তৃতীয় স্তরে লবণ চতুর্থ স্তরে কাঠকয়লা,—এইভাবে সাজানো থাকে। গ্রীষ্মকালের শুকনা

দিনে মাটির আর্দ্রতা নষ্ট হইয়া যায় বলিয়া আর্থের রেজিস্ট্যান্স বড় বেশী বৃদ্ধি পায়। তখন যাহাতে গর্তের মধ্যে কয়েক বালতি জল ঢালিয়া দিয়া মাটিকে স্যাঁতসেঁতে

১৭০(ক) নং চিত্র

করিয়া লওয়া যায়, সেইরূপ বন্দোবস্ত রাখিতে হয়। এই উদ্দেশ্যে পাইপের মাথায় ১৯·০৫ মিলিমিটার ব্যাসের অন্য একটি গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার পাইপের সাহায্যে

একটি চুঙ্গি (funnel) বসানো থাকে, আর চুঙ্গির মধ্য দিয়া যাহাতে কোন শক্ত বস্তু ভিতরে ঢুকিয়া পাইপের গর্ত বন্ধ করিতে না পারে সেইজন্য উহার মুখ তারের জাল দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া থাকে। যেখানে গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার পাইপ দিয়া আর্থ করা হয়, সেখানে গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার পাতি বা তার ভূমি-সংযোগকারী পরিবাহী হিসাবে ব্যবহার করা নিয়ম। সংস্থাপনের কোথায়ও কোন দোষ দেখা দিলে সর্বাপেক্ষা বেশী কত কারেণ্ট আর্থে যাইবে তাহা নির্ণয় করিয়া, সেই অনুসারে এই পরিবাহীর আয়তন ঠিক করিতে হয়। তবে সাধারণভাবে ভূমি-সংযোগকারী তারের প্রস্থচ্ছেদ ০·৬৪৫ বর্গ সেণ্টিমিটার হইয়া থাকে। আর্থিং পাইপের সহিত এক প্রান্ত সংযুক্ত করিয়া জমির উপরিভাগ হইতে প্রায় ৬০ সেণ্টিমিটার নীচে অবস্থিত ১২·৭ মিলিমিটার ব্যাসের গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার পাইপের মধ্য দিয়া এই তারকে নিকটবর্তী মেসিন বা আর্থিং বাস-বারে (earthing bus-bar) লইয়া যাওয়া হয়। পরে অন্যান্য যন্ত্রপাতি আর্থ করিবার জন্য যখন আর্থের তারকে একস্থান হইতে অন্য স্থানে লইয়া যাওয়া হয়, তখনও তাহা এমনভাবে ঢাকিয়া রাখিতে হয় যাহাতে ঐ তাবে বাহির হইতে কোন রকম আঘাত লাগিতে না পাবে।

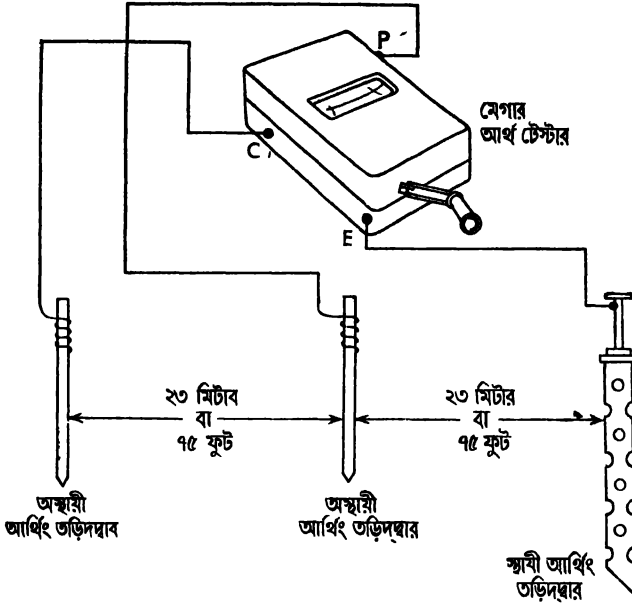
ডি. সি. মেসিনের আর্থিং নানাভাবে করা চলে। কাজের সুবিধা আর খরচের কথা বিবেচনা করিয়া ভিন্ন ভিন্ন জায়গায় ভিন্ন ভিন্ন ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইয়া থাকে। কোথায়ও মেসিনের নিকটেই দুইটি গর্ত খুঁড়িয়া (গর্ত দুইটির মধ্যে দূরত্ব কমপক্ষে পাঁচ মিটার হওয়া চাই) আলাদা আলাদা দুইটি আর্থ করা হয়, এবং মেসিনের কাঠামোকে ঐ দুই আর্থের সঙ্গে সংযুক্ত করা হয় ; পরে অন্যান্য যন্ত্রপাতির ভূমি-সংযোগের জন্য মেসিন হইতে দুইগাছা আর্থের তার বাহির করিয়া মিটার বোর্ড কিংবা বাস-বার চেম্বার (bus-bar chamber) পর্যন্ত লইয়া যাওয়া হয়। কোথায়ও আবার একটি আর্থিং মেসিনের নিকটে, আর অন্যটি সুইচ বোর্ড, মিটার বোর্ড অথবা বাস-বার চেম্বারের নিকটে করা থাকে। সেক্ষেত্রে আর্থের একগাছা তার মেসিন হইতে মিটার বোর্ডের দিকে, আর অন্য একগাছা তার মিটার বোর্ড হইতে মেসিনের দিকে যায়। অনেক সময় আবার মিটার বোর্ডের নিকটেই দুইটি আর্থিং করা হয়। তখন আর্থের দুইগাছা তার মিটার বোর্ড হইতে লাইনের সঙ্গে সঙ্গে অগ্রসর হইয়া অন্যান্য যন্ত্রপাতিকে ভূমি-সংযুক্ত করে এবং সবশেষে মেসিনের কাঠামোর সহিত আসিয়া সংযুক্ত হয়। যেখানে বহু যন্ত্রপাতি আর মেসিন অনেকখানি জায়গা জুড়িয়া অবস্থান করে, সেখানে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই একটি আর্থিং বাস-বার ব্যবহার করা হয়। এই বাস-বার সুইচ বোর্ডে, কিংবা দেওয়ালের গায়ে, কিংবা অন্য কোন সুবিধামত জায়গায় অবস্থিত থাকে, আর উহার দুই প্রান্ত দুইটি সম্পূর্ণ আলাদা পরিবাহীর দ্বারা দুইটি আলাদা আর্থিং পাইপের সহিত সংযুক্ত থাকে। আর্থিং বাস-বার হইতে তড়িৎ-চাপ অনুযায়ী তখন একগাছা অথবা দুইগাছা আর্থের তার আলাদা আলাদা ভাবে প্রত্যেক মেসিন আর যন্ত্রপাতির নিকট লাইনের সঙ্গে সঙ্গে লইয়া যাওয়া হয়।

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৬২নং নিয়মে বলা হইয়াছে, যেখানে মাঝারি তড়িৎ-চাপের সরবরাহ প্রণালী ব্যবহৃত হয়, সেখানে ভূমি-সংযোগরক্ষাকারী পরিবাহী এবং ঐ প্রণালীর যে-কোন অংশের পরিবাহীর মধ্যেকার তড়িৎ-চাপ, সাধারণ অবস্থায়, নিম্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা বেশী হইবে না। আবার ভারতীয় মানক সংস্থার ৮.১.৫ আই এস : ৭৩২-১৯৬৩ নং নির্দেশ অনুসারে ধাতু নির্মিত কণ্ডুইট পাইপ এবং কেবল্-এর ধাতু নির্মিত বহিরাবরণসহ ভূমি-সংযোগরক্ষাকারী পরিবাহীর বৈদ্যুতিক ধারাবাহিকতা (electrical continuity) সকল ক্ষেত্রেই পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে, এবং কোন সংযুক্ত রেজিস্ট্যান্স কিংবা 'আর্থ লীকেজ সারকিট-ব্রেকার' (earth leakage circuit-breaker) বাদে আর্থের তারসহ উহার বৈদ্যুতিক রোধ আর্থের তড়িদ্দ্বারের সহিত সংযোগ-বিন্দু হইতে ভূমি-সংযোগরক্ষাকারী পরিবাহীর যে-কোন বিন্দু পর্যন্ত মাপিলে সমগ্র সংস্থাপনের মধ্যে তাহা এক ওমের বেশী হইবে না।

সংস্থাপনের আর্থিংয়ের কাজ শেষ হওয়ার পরে ঐ আর্থিংয়ের রেজিস্ট্যান্স কত তাহা "মেগার আর্থ টেস্টার" (Megger Earth Tester) অথবা "মেগ আর্থ টেস্টার" (Meg Earth Tester)-এর সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হয়। পরীক্ষা কিভাবে করিতে হয় তাহা ১৭৫ (খ) নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

মেগার আর্থ টেস্টারের তিনটি প্রান্ত থাকে, আর এই তিনটি প্রান্ত যথাক্রমে E, P ও C-দ্বারা চিহ্নিত থাকে। কোন কোন যন্ত্রে আবার 'E'-এর পরিবর্তে 'Earth' কথাটি ব্যবহার করিতে দেখা যায়। যে আর্থিং তড়িদ্দ্বারের রেজিস্ট্যান্স মাপিতে হইবে তাহার সহিত, অথবা ঐ তড়িদ্দ্বারের সঙ্গে সংযুক্ত করিয়া যে পরিবাহীকে গত হইতে মাটির উপরে আনা হইয়াছে তাহার সহিত, প্রথমে আর্থ টেস্টারের E-প্রান্তটি (earth terminal) একটি অন্তরিত পরিবাহীর সাহায্যে সংযুক্ত করিতে হইবে। পরে আর্থিংয়ের তড়িদ্দ্বার হইতে প্রায় ২৩ মিটার (৭৫ ফুট) দূরে একটি এবং প্রায় ৪৬ মিটার (১৫০ ফুট) দূরে আর একটি তড়িদ্দ্বার সাময়িকভাবে মাটিতে পুঁতিয়া দিয়া প্রথমটির সহিত টেস্টারের P-প্রান্ত (potential coil terminal) আর দ্বিতীয়টির সহিত C-প্রান্ত (current coil terminal) আরও দুইটি অন্তরিত পরিবাহীর দ্বারা সংযুক্ত করিয়া দিতে হইবে। এই দুইটি অস্থায়ী তড়িদ্দ্বার মাটিতে দুই-তিন ফুট পুঁতিয়া দিলেই কাজ চলিবে। এইবার টেস্টারের হাতল ঘুরাইলে উহার কাঁটা (pointer) ডায়ালের উপর যে সংখ্যা নির্দেশ করিবে, তাহাই আর্থিংয়ের রেজিস্ট্যান্স হইবে। মেগার আর্থ টেস্টারের নির্দেশ হইতে সংস্থাপনের আর্থিংয়ের রেজিস্ট্যান্স কত ওম তাহা সরাসরি জানা যায়।

কোন কোন টেস্টারে তিনটির পরিবর্তে চারিটি প্রান্ত দেওয়া থাকে, এবং এই চারিটি প্রান্ত যথাক্রমে P_1, P_2 আর C_1, C_2-দ্বারা চিহ্নিত থাকে। তখন P_1 আর C_1 প্রান্ত দুইটি একত্রিত হইয়া আর্থিং তড়িদ্দ্বারের সহিত অন্তরিত তারের সাহায্যে যুক্ত হয়, অর্থাৎ এই দুইটি প্রান্ত তখন একত্রে E-প্রান্তের ন্যায় কাজ করে, আর P_2-প্রান্ত ২৩ মিটার দূরে অবস্থিত এবং C_2-প্রান্ত ৪৬ মিটার দূরে অবস্থিত অস্থায়ী

তড়িদ্দ্বারের সহিত অন্তরিত পরিবাহীর দ্বারা যুক্ত হইয়া যথাক্রমে P ও C প্রান্ত দুইটির ন্যায় কাজ করে।

মেগার আর্থ টেষ্টারের সাহায্যে আর্থিংযের রেজিষ্ট্যান্স নির্ণয়
১৭৫(খ)নং চিত্র

জনবহুল নগরীতে আর্থিং পরীক্ষার জন্য যেখানে মাটিতে অস্থায়ী তড়িদ্দ্বার পুঁতিবার মত জায়গা পাওয়া না যায়, সেখানে P আর C (অথবা P_2 আর C_2) প্রান্ত দুইটি একত্রে সংযুক্ত করিয়া একটি অন্তরিত তারের সাহায্যে জলের পাইপ অথবা অন্য কোন আর্থের তারের সহিত সংযুক্ত করিতে হয়। পরে টেস্টারের হাতল ঘুরাইতে আরম্ভ করিলেই ডায়ালের উপর যন্ত্রের কাঁটা আর্থ রেজিস্ট্যান্স নির্দেশ করে। জলের পাইপ কিংবা অন্য কোন আর্থের তারের ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থা পরীক্ষাধীন তড়িদ্দ্বার হইতে যত বেশী দূরে থাকে ততই ভাল, কারণ একের রেজিস্ট্যান্সের ক্ষেত্রের মধ্যে যদি অন্যের রেজিস্ট্যান্সের ক্ষেত্র অবস্থিত থাকে, তবে মিটারের নির্দেশ হইতে আর্থিংয়ের প্রকৃত রেজিস্ট্যান্স পাওয়া যায় না।

পরীক্ষার দ্বারা যদি দেখা যায় সংস্থাপনের আর্থ-রেজিস্ট্যান্স নির্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা বেশী আছে, তবে তাহা কমাইবার জন্য মাটির ভিতর গর্ত আরও বেশী গভীর করিয়া খুঁড়িতে হয় এবং সেই সঙ্গে তড়িদ্দ্বারের দৈর্ঘ্যও বৃদ্ধি করিতে হয়। ইহাতে ভিজা বা স্যাঁতসেঁতে মাটির সহিত তড়িদ্দ্বারের সংযোগ বৃদ্ধি পায় বলিয়া আর্থের রেজিস্ট্যান্স কম হয়। অনেক সময় একই গর্তের মধ্যে একাধিক তড়িদ্দ্বার বসাইয়া তাহাদের একটিকে অন্যটির সহিত প্যারালেলে সংযুক্ত করিয়া দিলেও আর্থের রেজিস্ট্যান্স উল্লেখযোগ্য পরিমাণে হ্রাস পায়।

৮-৩। ডি. সি. মেসিনের যত্ন লওয়া (Care of D. C. Machines)

ডি. সি. মেসিন চালু অবস্থায় থাকিলে মাঝে মাঝেই তাহাকে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হয়। মেসিনে যদি সামান্য কোন দোষ-ত্রুটি দেখা দেয়, তবে প্রথম দিকে ধরা পড়িলে তাহা খুব অল্প সময়ে আর কম খরচে সারানো যায়। কিন্তু সামান্য অবস্থায় মেরামত না করিয়া ঐ দোষকে বাড়িতে দিলে তাহা মেসিনের পক্ষে অতিশয় ক্ষতিকারক হইয়া ওঠে। তখন মেসিনকে দীর্ঘদিন বন্ধ করিয়া রাখা ভিন্ন অন্য কোন উপায় থাকে না, আর ইহাতে মেরামতের খরচও খুব বেশী পড়ে। সাধারণতঃ মেসিনে কোন দোষ দেখা দিলে প্রথমেই কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া আরম্ভ হয়। তাই বেয়ারিংয়ে তেল দেওয়া আর মেসিনের বিভিন্ন অংশ পরিষ্কার করার সঙ্গে সঙ্গে কম্যুটেটারের দিকে বিশেষভাবে লক্ষ্য রাখা দরকার।

(১) যদি কম্যুটেটারের উপরিভাগ গোলাকৃতি না থাকিয়া চেপটা (flat) হইয়া যায়, তবে উহাকে সিরিশ-কাগজ দিয়া অনবরত ঘষা উচিত নহে। সেক্ষেত্রে আর্মেচারকে লেদ মেসিনের উপর তুলিয়া দিয়া কম্যুটেটারের উপরিভাগ 'টার্ণ' করিয়া লইলে ভাল ফল পাওয়া যায়।

(২) অনুপযুক্ত আর খারাপ ব্রাশ ব্যবহার করিলে মেসিনে আগুন দেয়। তখন নির্মাতার (maker) পরামর্শ অনুযায়ী ব্রাশকে বদলাইয়া দিতে হয়। ব্রাশের কারবন নরম হইবে কি শক্ত হইবে, তাহাও নির্মাতার নিকট হইতে জানিয়া লওয়া দরকার।

(৩) যদি কম্যুটেটার-সেগমেণ্টের মধ্যে সর্ট-সারকিট দেখা দেয়, কিংবা আর্মেচার-কয়েলের প্রান্তভাগ ভাঙ্গিয়া যায় অথবা সেগমেণ্টের সহিত উহার ঝালাই খুলিয়া যায়, তবে সঙ্গে সঙ্গে তাহা মেরামত করা উচিত।

(৪) ব্রাশের রকার ঠিক অবস্থানে না থাকিলে উহাকে আগাইয়া অথবা পিছাইয়া দিয়া দেখিতে হয় কোন্ অবস্থায় কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া বন্ধ থাকে।

(৫) এক টুকরা পরিষ্কার কাপড় প্যারাফিনে ডুবাইয়া তাহার সাহায্যে কম্যুটেটারের উপরিভাগ মাঝে মাঝে পরিষ্কার করিয়া দিতে হয়। অনেক সময় মোম জাতীয় কোন পিচ্ছিলকারক পদার্থ (lubricant) কম্যুটেটারের উপরে ব্যবহার করিলে আগুন দেওয়া অথবা কিচমিচ শব্দ করা (chattering) বন্ধ থাকে।

(৬) ব্রাশ যদি কম্যুটেটারের উপরে খুব জোরে চাপিয়া বসে, তবে কম্যুটেটার গরম হইয়া ওঠে, আর ব্রাশও তাড়াতাড়ি ক্ষয় পায়। আবার এই চাপ যদি খুব কম থাকে, তবে কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া সুরু হয়। প্রত্যেক ব্রাশে এক কিলোগ্রামের মত চাপ থাকিলেই যথেষ্ট। কম্যুটেটারের উপর হইতে ব্রাশকে তুলিয়া লইবার সময় যত জোরে টান দিতে হয়, তাহা একটি স্প্রিংয়ের কাঁটা (spring-balance) দিয়া মাপিলে চাপ কতটা আছে জানা যায়।

(৭) যে নমনীয় তারের সাহায্যে ব্রাশগুলি ব্রাশ-হোল্ডারের সঙ্গে বাঁধা থাকে, তাহাদেব সর্বদা খুব ভাল অবস্থায় রাখা দরকার।

(৮) কম্যুটেটারের দুই দুই সেগ্‌মেন্টের মধ্যে যে অভ্রের অন্তরণ দেওয়া থাকে, তাহার উপরিভাগ খুব সূক্ষ্ম দাঁতওয়ালা করাতের সাহায্যে কাটিয়া সেগ্‌মেন্টের উচ্চতা অপেক্ষা অন্তরণের উচ্চতা প্রায় $\frac{1}{16}$ ইঞ্চি কম রাখিলে অনেক সময় কম্যুটেটারে যে স্থায়িভাবে আগুন দেখা দেয়, তাহাও বন্ধ হইয়া যায়।

(৯) ডি. সি. জেনারেটারের ক্ষেত্রে আর্মেচারে যদি তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন না হয়, তবে ফীল্ডের সংযোগ কোথায়ও খুলিয়া গিয়াছে কিংবা উল্টা হইয়া গিয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষ করিয়া দেখিতে হয়। সংযোগের কোথায়ও কোন দোষ পাওয়া গেলে সঙ্গে সঙ্গে তাহা ঠিক করিয়া দেওযা উচিত।

৮–৪। ডি সি. মোটরের অবলম্বন (Mounting of D. C. Motors)

প্রত্যেক ডি. সি. মোটরের সহিত প্রয়োজন অনুসারে একটি ধাতু নির্মিত পাত অথবা দুই টুকরা লোহাব বেল সববরাহ কবা হয়। ধাতু নির্মিত পাতের উপর বসাইলে মোটর এক জায়গায় সুদৃঢ ভাবে আঁটা থাকে, আর রেলের উপর বসানো থাকিলে মোটরকে দরকারমত সামনে বা পিছনে সরানো যায়। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মোটর ঘরের মেঝে অথবা অন্য কোন সমতল ভূমির উপর বসানো থাকে। মোটর যদি জালি-পর্দাব আবরণযুক্ত (screen-protected) কিংবা জলকণা-প্রতিরোধক আবরণযুক্ত (drip-proof) হয়, তবে ধাতুর পাতের উপর বসাইবার সময় উহার কাঠামোর নীচের অংশ আর পাতের মধ্যে হাওয়া চলাচলের জন্য যথেষ্ট ফাঁক থাকা আবশ্যক। নিযম অনুসারে এই ফাঁক প্রায় ২·৫ হইতে ৩ সেন্টিমিটার পর্যন্ত রাখা থাকে।

যেখানে খুব লম্বা বেল্টের সাহায্যে লোডকে ঘুবাইতে হয়, সেখানে অনেক সময় অতিরিক্ত শাফ্‌ট (counter shafts) ব্যবহাব করার পরিবর্তে মোটরকেই দেওয়ালের গায়ে অথবা ভিতর দিকের ছাদে বসানো হয়। এই সকল ক্ষেত্রে পুলির (pulley) গায়ে বেল্ট পরানো অথবা পুলি হইতে বেল্ট খুলিয়া লওয়ার কাজ যাহাতে সহজে করা যায় সেইজন্য মোটব অবশ্যই রেলের উপর বসানো থাকিবে। যখন মোটবকে কোন দেওযালের গায়ে কিংবা অন্য কোন খাড়া জমির উপর বসাইবার প্রয়োজন দেখা দেয়, তখন মোটরের শ্যাফ্‌ট অনুভূমিক অবস্থায় থাকে বলিয়া, আর বেল্টের টান কম-বেশী করিবার জন্য মেসিনকে আগাইয়া অথবা পিছাইয়া দিতে হয় বলিয়া, মোটরের জন্য প্রচলিত বেলের পরিবর্তে অতিরিক্ত ভারী ধরনের রেল ব্যবহার করা উচিত। প্রচলিত রেলের উপর একটি মোটরকে কখনই উল্টা করিয়া বসানো উচিত নহে।

(১) দেওয়ালের গায়ে মোটর বসানো (Wall Mounting of Motors)

যখন কোন মোটরকে দেওয়ালের গায়ে খাড়াভাবে বসাইতে হয়, তখন লোহার বল্টুর (bolts) সাহায্যে ধাতুর পাত বা রেলগুলি দেওয়ালের গায়ে আটকানো

থাকে। বল্টুগুলির দৈর্ঘ্য এত বেশী হওয়া চাই যাহাতে দেওয়ালের মধ্য দিয়া তাহারা একদিক হইতে অন্যদিক পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। দেওয়ালের একদিকে মোটরের পায়া আর ধাতুর পাত অথবা রেলের মধ্যে অনেকগুলি করিয়া লোহার চাকতি বা ওয়াশার (washers) দিতে হয়, আর অন্যদিকে প্রায় ৬৫ মিলিমিটার মোটা একটি বেশ বড় আকারের লোহার পাত দেওয়ালের গায়ে লাগাইয়া 'নাট' (nuts)-এর সাহায্যে দৃঢভাবে আটকাইয়া দিতে হয়। ইহাতে মোটর দেওয়ালের গায়ে খুব ভালভাবে আঁটা থাকে, আর চলিবার সময় মোটরের কাঠামোতে বেশী কম্পন দেখা দেয় না। যেখানে দেওয়ালের একদিকে রেল বসানো থাকে, সেখানে উল্টাদিকে লোহার পাতের পরিবর্তে যদি রেলের সহিত সমান্তরালভাবে ইস্পাতের 'চ্যানেল' (channel) ব্যবহার করা হয়, তবে রেল আরও বেশী সুদৃঢভাবে দেওয়ালের গায়ে আবদ্ধ থাকিতে পারে। অনেক সময় দেওয়াল হইতে উদ্গত অবলম্বন হিসাবে 'ব্র্যাকেট' (bracket) বসাইয়া তাহার উপরে মোটরের জন্য ধাতুর পাত অথবা রেল আবদ্ধ করা হয়। ধাতুর পাত বা রেলের মত একই উপায়ে ব্র্যাকেটও তখন দেওয়ালের গায়ে আটকানো থাকে, তবে উহার উপরিভাগ যাহাতে ঠিকমত অনুভূমিক অবস্থায় (horizontal) থাকে, সেইদিকে লক্ষ্য রাখা দরকার।

(২) ভিতর দিকের ছাদে মোটর বসানো (Ceiling Mounting of Motors)

এইরূপ অবস্থায় সাধারণতঃ দুইটি ইস্পাতের চ্যানেল হইতে মোটর ঝুলানো অবস্থায় থাকে। চ্যানেলের আয়তন এমন হওয়া চাই যাহাতে মোটরের ওজন আর গতিবেগের ধাক্কা সহ্য করিবার পক্ষে তাহা বেশ মজবুত হয়। ছাদের নীচে লোহার যে কড়িকাঠ থাকে, তাহার সঙ্গে চ্যানেল দুইটি ঠিকমত অবস্থানে বল্টুর সাহায্যে আটকানো থাকে, আর চ্যানেলের মধ্যে ড্রিলের সাহায্যে ছিদ্র করিয়া নাট আর বল্টুর সাহায্যে মোটরের জন্য ধাতু নির্মিত পাত অথবা লোহার রেল আবদ্ধ করা হয়। ঐ ধাতুর পাত বা রেলের উপরে উল্টাভাবে আঁটা থাকিয়া মোটর লোডকে পরিচালনা করে। মোটরের বেয়ারিং-য়ে যদি ঠিকমত তেল দেওয়া হয়, তবে এই অবস্থায় মোটরকে চালু রাখিতে কোনই অসুবিধা দেখা দেয় না। মোটর উল্টাভাবে অবস্থান করে বলিয়া বেয়ারিংয়ের জন্য অবশ্য বিশেষ ধরনের তেল বা চর্বি জাতীয় (grease type) কোন জিনিস ব্যবহার করিতে হয়।

(৩) মোটরের কন্‌ক্রীট নির্মিত ভিত্তি (Concrete Foundations of Motors)

লোডের সহিত মোটর যদি দাঁতওয়ালা চাকা বা 'গীয়ার' (gear) দ্বারা সংযুক্ত থাকে, তবে ঐ মোটর কঠিন ভিত্তির উপর স্থাপিত হওয়া উচিত। মোটরের ওজন আর লোড পরিচালনার জন্য যে চাপ সৃষ্টি হয়, তাহার পক্ষে উপযুক্ত করিয়া কন্‌ক্রীটের ভিত তৈরী করিতে হয়। কন্‌ক্রীট ঢালাই করিবার সময় যদি কোন আলগা পাথর-

কুচি থাকিয়া যায়, তবে তাহা সরাইয়া ফেলিতে হইবে। অনেক সময় ঘরের মেঝের সঙ্গে একই সমতলে ভিত করিবার জন্য মাটিতে গর্ত খুঁড়িয়া কন্‌ক্রীট ঢালাই করা হয়, আর ঢালাইয়ের আগে বড় বড় পাথরের টুকরা দুরমুশ করিয়া এমনভাবে বসাইয়া দেওয়া হয় যাহাতে গর্তের নীচের অংশে মাটি বেশ শক্ত হইয়া ওঠে। ভিতের সঠিক মাপ অনুসারে প্রথমে একটি কাঠের বাক্স তৈরী করিয়া তাহা ঢালাইয়ের জায়গায় বসাইতে হয়, পরে ঐ বাক্সের মধ্যে কন্‌ক্রীটের মসলা ঢালিয়া দিতে হয়। ভিজা মসলা যাহাতে চারিদিকে ছড়াইয়া পড়িতে না পারে, সেইজন্যই এইরূপ ব্যবস্থা করা দরকার। ঢালাইয়ের উপরিভাগ যাহাতে ঠিক সমতল অবস্থায় থাকে, সেইদিকে অবশ্যই লক্ষ্য রাখিতে হইবে। মোটরের ধাতু নির্মিত পাত অথবা লোহার রেল আবদ্ধ করিবার জন্য ভিতের যেখানে যেখানে বল্টু বসানো প্রয়োজন, ঢালাইয়ের সময় সেখানে সেখানে বল্টু অপেক্ষা আয়তনে কিছুটা বড় কাঠের গোঁজ বসাইয়া দিতে হয়। পরে কন্‌ক্রীট শুকাইয়া গেলে কাঠের বাক্স আর গোঁজ তুলিয়া লইলেই বল্টুর সাহায্যে ধাতুর পাত অথবা রেল বসানোর কাজ সুরু করা যায়।

কন্‌ক্রীটের মসলাতে একভাগ সিমেন্ট, দুইভাগ বালি আর তিন ভাগ পাথরকুচি থাকে। সিমেন্ট খুব ভাল জাতের আর সদ্য তৈরী, বালি খুব পরিষ্কার আর ধারাল এবং পাথরকুচি অনধিক ¾ ইঞ্চি আকারের হওয়া চাই। জল ঢালিবার আগে মসলার এই তিনটি উপাদান উলটপালট করিয়া খুব ভালভাবে মিশাইয়া লইতে হয়, পরে জল ঢালিয়া দিয়া আবার তাহা উলটপালট করিতে হয়। জলের পরিমাণ এমন হইবে যাহাতে মসলা খুব সহজে বাক্সের মধ্যে ঢালা যায়; কিন্তু বেশী জল পড়িলে তাহা আবার থকথকে হইয়া ওঠে। বাক্সের মধ্যে মসলা ঢালা আর তাহা দুরমুশ করার কাজ একই সঙ্গে চলিতে থাকে। একেবারে মুখের কাছে খুব মসৃণ একটি কাঠের পাটার সাহায্যে ঢালাইয়েব উপরিভাগ যতদূর সম্ভব সমতল করিয়া দিতে হয়। মসলা ঢালাইয়ের পর বাক্স আর ঢালাইয়ের মধ্যে পাতলা একস্তর সিমেন্ট দেওয়া থাকে। সবশেষে বাক্স খুলিয়া লওয়ার পরে কর্নিকের সাহায্যে ভিতের গায়ে সিমেন্ট লাগাইয়া তাহা পুরাপুরি পালিশ করিয়া দেওয়া হয়।

কন্‌ক্রীটের ভিত শক্ত হইয়া উঠিতে প্রায় দুই সপ্তাহ সময় লাগে। এই সময়ের পরে কাঠের বাক্সটি ভাঙ্গিয়া ফেলা হয়, আর একই সঙ্গে কাঠের গোঁজগুলিও তুলিয়া লওয়া হয়। মোটর যে ধাতুর পাত বা 'বেড প্লেট' (bed plate)-এর উপর অবস্থান করে, তাহা যাহাতে সরাসরি ভিতের উপরে না বসে সেইজন্য উভয়ের মধ্যে কয়েকটি লোহার পাত 'প্যাকিং' হিসাবে দেওয়া থাকে। প্যাকিং এমনভাবে দেওয়া হয় যাহাতে ভিতের উপরিভাগ হইতে ধাতুর পাত প্রায় ৬·৫ মিলিমিটার উপরে থাকিতে পারে। কপিকলের সাহায্যে বা অন্য কোন উপায়ে যখন মোটর সহ কিংবা মোটর ছাড়াই বেড প্লেটকে ভিতের উপর বসানো হয়, তখন প্রয়োজনমত আরও কিছু প্যাকিং চারিপাশে গুঁজিয়া দিয়া ঐ প্লেটকে ঠিক সমতলে আর সঠিক অবস্থানে রাখা হয়। পরে ভিতের যে-সকল জায়গা হইতে কাঠের গোঁজ তুলিয়া লওয়া

হইয়াছে, সেই সকল স্থানে বেড প্লেটের গর্তের মধ্য দিয়া বল্টুগুলি (holding-down bolts) একে একে বসাইয়া দেওয়া হয়। এই অবস্থায় বল্টুগুলি প্লেট হইতে ভিতের গর্তের মধ্যে ঝুলিতে থাকে। তখন প্লেটের চারিদিকে ভিতের উপর কাদামাটির দেওয়াল তুলিয়া দিয়া তাহার মধ্যে সিমেন্টগোলা ঢালিয়া দিলে গর্তগুলি তাহাতে ভরিয়া ওঠে, আর বল্টুগুলির সহিত বেড প্লেট ভিতের গায়ে আটকাইয়া যায়। ধাতুর পাত আর বল্টু যাহাতে ভিতের সঙ্গে সুদৃঢ় ভাবে আঁটা থাকে, সেই বিষয়ে নিশ্চিত হওয়ার জন্য কিছু পরিমাণ সিমেন্ট কর্নিকের সাহায্যে তাহাদের গায়ে লাগাইয়া দেওয়া হয়। সিমেন্ট শুকাইয়া যাওয়ার পরে বল্টুগুলির উপরের দিকের প্যাঁচকাটা অংশের সহিত মোটরের পায়া নাট-এর সাহায্যে খুব শক্ত করিয়া আটকাইয়া দিলেই মোটর বেড প্লেটের সহিত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ হইয়া যায়।

৮-৫। ডি সি. মোটরের ওয়্যারিং (Wiring of D. C. Motors)

মোটরের আকার যদি খুব ছোট হয়, আর লাইনের তড়িৎ-চাপ যদি ২৫০ ভোল্ট বা তাহা অপেক্ষা কম থাকে, তবে সাধারণ বাতি বা পাখার ওয়্যারিংয়ের ন্যায় কাঠের ব্যাটেনের উপর সি. টি. এস. কিংবা পি. ভি সি. তার টানিয়া দিয়াই মোটরের ওয়্যারিং করা চলে। কিন্তু মোটর বেশী অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন হইলে, বিশেষতঃ যদি তাহা মাঝারি চাপের উপযুক্ত হয় তবে, ৬৫০ ১১০০ ভোল্ট গ্রেডের ভি. আই. আর. অথবা পি. ভি. সি তার ভারি গেজের (heavy gauge) কণ্ডুইট পাইপ অথবা কোন শক্ত (rigid) পি. ভি. সি. পাইপের মধ্য দিয়া টানিয়া মোটরের ওয়্যারিং সম্পূর্ণ করিতে হইবে। অবশ্য এই সকল ক্ষেত্রে পাইপের মধ্যে তার টানিয়া ওয়্যারিং করার পরিবর্তে 'ট্রোপোডুর' (tropodure), 'পেপার ইন্সুলেটেড্' (paper insulated) প্রভৃতি কেব্‌লের সাহায্যেও মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া যায়, তবে খরচ অপেক্ষাকৃত বেশী পড়ে বলিয়া কারেন্টের পরিমাণ খুব বেশী না হইলে মাঝারি চাপের ওয়্যারিং করিতে সচরাচর কেব্‌ল ব্যবহার করা হয় না। যে তার অথবা কেব্‌ল দিয়া মোটরের ওয়্যারিং করিতে হইবে, তাহা ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ (specification) অনুযায়ী তৈরী হওয়া চাই। ভি. আই. আর. তার আই এস : ৪৩৪-১৯৬৪ নং, পি. ভি. সি. তার আই এস : ৬৯৪-১৯৬৪ নং, বেশী কারেন্ট বহনের পক্ষে উপযোগী পি ভি. সি. কেব্‌ল (অর্থাৎ ট্রোপোডুর কেব্‌ল ইত্যাদি) আই এস : ১৫৫৪-১৯৬৯ নং আর আই এস : ১৫৯৬-১৯৬২ নং এবং পেপার ইনসুলেটেড কেব্‌ল আই এস : ৬৯২-১৯৬৫ নং নির্দেশ অনুযায়ী নির্মিত হইয়াছে কিনা, ব্যবহারের আগে তাহা পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে।

যে সংস্থাপনে একাধিক মোটরের জন্য, কিংবা মোটরের সহিত বাতি ও পাখার জন্য ওয়্যারিং করা দরকার, সেখানে মিটার এবং মেন সুইচের পরে বাস-বার চেম্বার (bus-bar chamber) অথবা ডিস্ট্রিবিউশন বোর্ড (distribution board) ব্যবহার করিতে হয়। সরবরাহ লাইন মেন সুইচ হইতে বাহির হইয়া প্রথমে

বাস-বার চেম্বারে যায়, পরে সেখানে বিভিন্ন বর্তনীতে ভাগ হইয়া আলাদা আলাদা সুইচের মধ্য দিয়া ভিন্ন ভিন্ন মোটরে কিংবা মোটর আর বাতি ও পাখার সারকিটে যায়। কিন্তু যদি কোন সংস্থাপনে কেবলমাত্র একটি মোটর থাকে, তবে সরবরাহ-কারীর মিটার হইতে একটিমাত্র সারকিট বাহির হইয়া মেন সুইচ এবং স্টার্টারের মধ্য দিয়া তাহা মোটরের টার্মিন্যাল-বাক্সে আসিয়া সংযুক্ত হয়। সরবরাহ লাইনে কত তড়িৎ চাপ আছে, আর মোটর কত লোডে কি পরিমাণ কারেণ্ট লইতেছে, তাহা মাপিবার জন্য অনেক সময় মোটরের সারকিটে ভোল্টমিটার এবং অ্যাম্মিটার ব্যবহার করা হইয়া থাকে। সংস্থাপনে একটিমাত্র মোটর থাকিলে প্রধান মিটার বোর্ডেই এই ভোল্টমিটার আর অ্যাম্মিটার সংযুক্ত করা যায়, কিন্তু একাধিক মোটরের ক্ষেত্রে প্রত্যেক মোটরের জন্য আলাদা আলাদা মিটার ব্যবহার করিবার সময় তাহা মেসিনের নিকটে স্টার্টারের সহিত একই বোর্ডে সংযুক্ত করা উচিত।

মোটরের ওয়্যারিং করিবার সময় নিম্নলিখিত বৈদ্যুতিক আইনসমূহ মানিয়া চলিতে হইবে :—

(১) কোন মোটর যদি মিটার বোর্ড কিংবা বাস-বার চেম্বার হইতে কিছুটা দূরে অবস্থিত থাকে, তবে মিটার বোর্ড কিংবা বাস-বার চেম্বারের উপরেই মোটরের সরবরাহ লাইনে ফিউজ-তার সহ একটি উপযুক্ত আকারের সুইচ অথবা সারকিট ব্রেকার বসাইতে হইবে, আর প্রয়োজন হইলে যাহাতে খুব সহজেই মোটরকে সরবরাহ লাইন হইতে বিচ্ছিন্ন করা যায় সেইজন্য মোটরের খুব নিকটে (সাধারণতঃ পাঁচ-ছয় ফুটের মধ্যে) আর একটি সুইচ অথবা সারকিট ব্রেকার অথবা অন্য কোন লিঙ্ক-সুইচ ব্যবহার করিতে হইবে।

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫০(গ) নং নিয়মে বলা হইয়াছে, প্রতিটি স্বতন্ত্র সারকিটকে একটি উপযুক্ত কাট আউট (cut-out) কিংবা একটি পর্যাপ্ত ক্ষমতার সারকিট ব্রেকার দ্বারা অতিরিক্ত বৈদ্যুতিক শক্তি হইতে রক্ষা করিতে হইবে; ঐ কাট-আউট অথবা সারকিট ব্রেকার এমনভাবে তৈরী এবং স্থাপন করিতে হইবে যাহাতে তাহা চালু হওয়ার পরে যেন অতিরিক্ত উত্তাপ, বৈদ্যুতিক 'আর্কিং', অথবা উত্তপ্ত ধাতুর ইতস্ততঃ নিক্ষেপণের বিপদ রোধ করিতে পারে এবং নিরাপদে কাট-আউটের দ্রবণীয় ধাতু যাহাতে সহজে পুনরায় লাগানো যায়, তাহা সম্ভব করে।

আইনের ৫০(ঘ)নং নিয়মে বলা হইয়াছে, প্রতিটি মোটরে কিংবা অন্য যন্ত্রে সরবরাহ করা বিদ্যুৎ-প্রবাহ যেন উপযুক্ত লিঙ্ক-সুইচ (linked switch) অথবা প্রয়োজনীয় ক্ষমতার সারকিট ব্রেকার দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়, আর সেই লিঙ্ক-সুইচ কিংবা সারকিট ব্রেকার যেন মোটর অথবা অন্য যন্ত্রের কাছাকাছি এবং ভারপ্রাপ্ত ব্যক্তির নাগালের মধ্যে থাকিয়া সহজে পরিচালনযোগ্য হয়, এবং তাহা তড়িৎ-বর্তনীতে যেন এমনভাবে যুক্ত হয় যাহাতে তাহার দ্বারা মোটর কিংবা অন্য যন্ত্র হইতে এবং কোনও নিয়ন্ত্রণকারী সুইচ, রেজিস্ট্যান্স অথবা তাহাদের সঙ্গে যুক্ত কোনও সাজসরঞ্জাম হইতে বিদ্যুৎ সরবরাহ কাটিয়া দেওয়া যায়।

(২) মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে ৬৫০/১১০০ ভোল্ট গ্রেডের দুইগাছা ভি. আই. আর. অথবা পি. ভি. সি. তার একত্রে একই কণ্ডুইট অথবা অন্য কোন ধাতু নির্মিত, কিংবা পি. ভি. সি. অথবা ধাতু ভিন্ন অন্য কোন বস্তুর দ্বারা নির্মিত পাইপের মধ্য দিয়া টানিয়া মোটরের ওয়্যারিং করিতে হইবে। ধাতু ভিন্ন অন্য কি ধরনের বস্তুর দ্বারা নির্মিত শক্ত পাইপ এই সকল ক্ষেত্রে ব্যবহার করা উচিত তাহা ভারতীয় মানক সংস্থার আই এস : ২৫০৯-১৯৬৩ নং নির্দেশে বলা আছে।

মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫১ (১) (ক) নং নিয়মে বলা হইয়াছে, মাথার উপরের লাইন ছাড়া সকল বিদ্যুৎ পরিবাহীকে শক্ত ধাতুর খোল অথবা ধাতব আচ্ছাদন দ্বারা পুরাপুরি মুড়িয়া দিতে হইবে ; সেই খোল অথবা আচ্ছাদন বৈদ্যুতিক ও যান্ত্রিক দিক হইতে নিরবচ্ছিন্ন হইবে এবং তাহাকে যান্ত্রিক ক্ষতি হইতে যথেষ্টভাবে সংরক্ষিত করিতে হইবে—অবশ্য যদি না সেই পরিবাহীগুলি কেবলমাত্র একজন অধিকারপ্রাপ্ত ব্যক্তিরই নাগালের মধ্যে থাকে অথবা বিদ্যুৎ-পরিদর্শকের মতে বিপদমুক্তভাবে স্থাপিত আর সংরক্ষিত হয়।

যদি ধাতু ভিন্ন অন্য কোন বস্তুর দ্বারা নির্মিত অনমনীয় কণ্ডুইট ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ নং আই এস : ২৫০৯-১৯৬৩ (বৈদ্যুতিক সংস্থাপনের জন্য ধাতু ভিন্ন অন্য বস্তুর দ্বারা নির্মিত অনমনীয় কণ্ডুইট) অনুসারে নির্মিত হয়, তবে তাহা মাঝারি তড়িৎ-চাপের সংস্থাপনেব জন্য ব্যবহার করা চলিতে পারে ; সেক্ষেত্রে বিদ্যুৎ-পরিদর্শক কিংবা তাহার সহকারীরূপে নিযুক্ত কোন কর্মচারী যে-সকল শর্ত আরোপ করিবার পক্ষে উপযুক্ত বলিয়া মনে করিবেন, তাহা মানিয়া চলিতে হইবে।

(৩) মিটার বোর্ড অথবা বাস-বার চেম্বার হইতে প্রতিটি মোটরের জন্য উপযুক্ত আয়তনের নিম্ন তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে একগাছা আর মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে দুইগাছা গ্যালভ্যানাইজ করা লোহার অথবা তামার আর্থের তার কণ্ডুইট পাইপের সঙ্গে সঙ্গে আনিয়া মোটরের কাঠামোর সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে। কণ্ডুইটের উপরিভাগ দিয়া এই তার আসিবে এবং 'আর্থ-ক্ল্যাম্প' (earth clamp)-এর সাহায্যে পাইপের গায়ে আবদ্ধ থাকিবে। আর্থের তারের সহিত মোটরের সুইচ এবং স্টার্টারের বহিরাবরণও সংযুক্ত থাকিবে। তাহা ছাড়া বৈদ্যুতিক আইনের ৫১(খ)নং নিয়মে বলা হইয়াছে, যেগুলি পরিবাহী হিসাবে প্রয়োজন সেইগুলি বাদে আচ্ছাদক, অবলম্বন কিংবা সংস্থাপনের সহিত কোনও ভাবে সংশ্লিষ্ট সকল রকম ধাতব কাজকে, বিদ্যুৎ-পরিদর্শক প্রয়োজন মনে করিলে, মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে।

ভূমি-সংযোগের কাজ ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন আর ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী কিভাবে সম্পন্ন হওয়া উচিত, সেই সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা ইতিপূর্বেই করা হইয়াছে।

(৪) মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে মোটর, সুইচবোর্ড এবং অন্যান্য যন্ত্রপাতির গায়ে একটি করিয়া বিপদচিহ্ন-জ্ঞাপক বোর্ড (danger board) টাঙাইয়া দিতে হইবে।

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৩৫নং নিয়মে বলা হইয়াছে, প্রতিটি মাঝারি, উচ্চ এবং অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের বৈদ্যুতিক সংস্থাপনের মালিককে প্রতিটি মোটর, জেনারেটার, ট্র্যান্সফরমার এবং তাহাদের নিয়ন্ত্রণ করিবার যন্ত্রপাতি সমেত অন্যান্য বৈদ্যুতিক মেসিন ও সাজসরঞ্জামের গায়ে কোনও দৃষ্টি-আকর্ষক স্থানে হিন্দি এবং জেলার স্থানীয় ভাষায় বিদ্যুৎ-পরিদর্শক কর্তৃক মঞ্জুরীকৃত বিশেষ ধরনের সতর্কতার বিজ্ঞপ্তি লাগাইতে হইবে।

যেখানে জেনারেটার, মোটর, ট্র্যান্সফরমার বা অন্যান্য যন্ত্রপাতি কোনও ঘেরা জায়গায় অবস্থিত, সেখানে অবরুদ্ধ জায়গাটির বেড়ার গায়ে একটি বিজ্ঞপ্তি আটকাইয়া দিলেই তাহা এই বিধানের পক্ষে যথেষ্ট বলিয়া বিবেচিত হইবে।

(৫) মোটরের সুইচ এবং স্টার্টারকে যদি দেওয়ালের গায়ে না বসাইয়া সুইচ-বোর্ডের উপরে বসানো হয়, তবে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫১ (১)(গ) নং নিয়ম অনুযায়ী মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত বিধানগুলি মানিতে হইবে—

(৵০) অন্যূন ০·৯১৪ মিটার (৩ ফুট) চওড়া পরিষ্কার জায়গা সুইচবোর্ডের সম্মুখে রাখিতে হইবে;

(৵০) সুইচবোর্ডের পিছনে যদি খোলা সংযোগ বা সংযোজন থাকে, তবে সুইচবোর্ডের পিছনের জায়গাটি হয় ০·২২৯ মিটার (৯ ইঞ্চি) অপেক্ষা কম অথবা ০·৭৬২ মিটার (৩০ ইঞ্চি) অপেক্ষা বেশী চওড়া হইবে। চওড়া মাপিবার সময় যে-কোন সংযোজন অথবা পরিবাহীর দূরতম বহিরংশ হইতে মাপিতে হইবে।

(৶০) যদি সুইচবোর্ডের পিছনের জায়গা ০·৭৬২ মিটার (৩০ ইঞ্চি) অপেক্ষা বেশী চওড়া হয়, তবে সুইচবোর্ডের দুই প্রান্ত হইতে ঐ জায়গায় পরিষ্কার ১·৮২৯ মিটার (৬ ফুট) উচ্চতার একটি চলার পথ থাকিতে হইবে।

ওয়্যারিংয়ের কাজ সম্পূর্ণ হওয়ার পরে মোটর এবং ওয়্যারিং ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ নং ৮.১ আই এস: ৭৩২-১৯৬৩ অনুসারে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে। এই পরীক্ষার কাজ কি ভাবে সম্পন্ন করিতে হইবে তাহা বর্তমান পরিচ্ছেদের প্রথম দিকেই বলা হইয়াছে। যখন পরীক্ষার ফল সন্তোষজনক দেখা যাইবে, কেবলমাত্র তখনই মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া চলিবে।

উদাহরণ ৮-১। যদি কোন কারখানায় ৪৫০-ভোল্ট ডি. সি. সরবরাহ পাওয়া যায়, তবে লাইন-শাফ্ট পরিচালনার জন্য কোন্ শ্রেণীর মোটর ব্যবহার করিবে? যদি ঐ শাফ্ট পরিচালনা করিতে ২০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতার প্রয়োজন হয়, তবে ঐরূপ একটি মোটর বসাইতে যে যে দ্রব্যের প্রয়োজন হইবে তাহার একটি পূর্ণ তালিকা প্রস্তুত কর। মোটরটির ওয়্যারিং করিতে ৩০ ফুট লম্বা লাইন প্রয়োজন হইবে এবং লাইনে প্রায় আধ ডজন বাঁক (bends) থাকিবে। মোটরের কর্মক্ষমতা শতকরা ৮০ ভাগ ধরিয়া লও, এবং উহার ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স পরীক্ষা করিবার প্রণালী পুঙ্খানুপুঙ্খরূপে বর্ণনা কর। যদি ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স কম হয়, তবে কি করিয়া তাহার উন্নতি বিধান করিবে?

উপরি-উক্ত মোটরটির স্থাপন-কৌশলের একটি নক্সা অঙ্কন কর, এবং এই কাজে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী কি কি নিয়ম পালন করিতে হইবে বল।

কারখানার লাইন-শাফ্‌ট সাধারণতঃ একই গতিবেগে পরিচালিত হয়, আর চালু করিবার সময় শাফ্‌টের সঙ্গে যন্ত্রপাতির সংযোগ থাকে না বলিয়া মোটরে খুব সামান্য লোড পড়ে। তাই এই ধরনের কাজের পক্ষে ডি. সি. সাণ্ট মোটরই সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী।

এখানে $V = ৪৫০$ ভোল্ট,

মোটরের উৎপাদিত শক্তি $= ২০$ অশ্ব-শক্তি, আর

মোটরের কর্মক্ষমতা $= ৮০\%$।

মোটরের আউটপুট $= ২০$ অশ্ব-শক্তি

$= ২০ \times ৭৪৬ = ১৪৯২০$ ওয়াট।

মোটরের গৃহীত শক্তি বা

$$\text{ইনপুট} = \frac{১৪৯২০ \times ১০০}{৮০}$$

$= ১৮৬৫০$ ওয়াট।

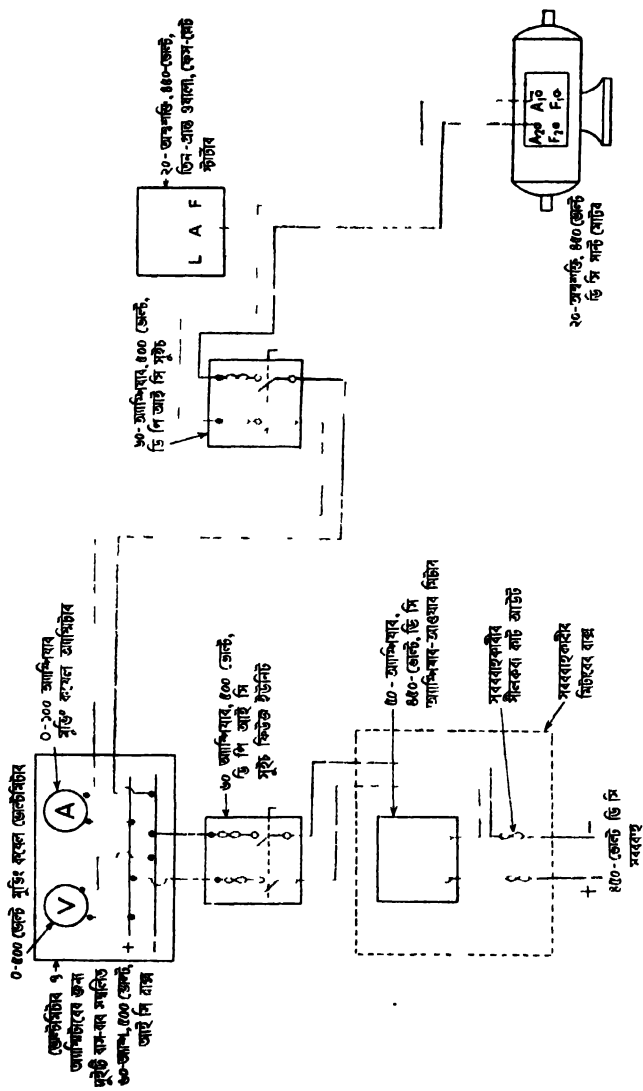
$$V \times I_l = ১৮৬৫০,$$

$$\therefore \quad I_l = \frac{১৮৬৫০}{V} = \frac{১৮৬৫০}{৪৫০}$$

$= ৪১\cdot৪$ অ্যাম্পিয়ার।

যেহেতু কারখানায় একটিমাত্র মোটর স্থাপন করিতে হইবে, অতএব এই মোটর ওয়্যারিং করিবার জন্য গ্রাহকের মেন সুইচের পরে কোন বাস-বার চেম্বার বসাইবার প্রয়োজন নাই। মিটারবোড হইতে মোটর ৩০ ফুট দূরে অবস্থিত বলিয়া এখানে দুইটি সুইচ ব্যবহার করিতে হইবে—একটি মিটারবোর্ডে মেন সুইচ হিসাবে, আর অন্যটি মোটরের নিকটে নিয়ন্ত্রণকারী সুইচ হিসাবে। আবার মোটরের গতিবেগ কম-বেশী করিবার প্রয়োজন না থাকায় একটি তিন-প্রান্তওয়ালা স্টার্টারের সাহায্যেই মোটরকে চালু করা যাইতে পারে। অন্যান্য যন্ত্রপাতিসহ মোটরটি সরবরাহ লাইনে কিভাবে সংযুক্ত থাকিবে তাহা ১৭৬নং চিত্রে (connection diagram) দেখানো হইয়াছে। যদিও মোটরের জন্য সরবরাহ লাইনে একটি অ্যাম্পিয়ার-আওয়ার মিটার সংযুক্ত করা আছে, কিন্তু এক্ষেত্রে কিলোওয়াট-আওয়ার মিটারও ব্যবহার করা চলিতে পারে। তবে কিলোওয়াট-আওয়ার মিটারের দাম অনেক বেশী বলিয়া অধিকাংশ ক্ষেত্রে অ্যাম্পিয়ার-আওয়ার মিটারই ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

পুরা লোডসহ চলিবার সময় মোটর ৪১·৪ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে। এই কারেণ্ট বহন করিবার পক্ষে ৭/০·০৬৪″ (তামার পরিবাহী) অথবা ৭/১·৭০ মিলিমিটার (অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহী) আয়তনের ভি. আই. আর. কিংবা পি. ভি. সি. তারই যথেষ্ট। কিন্তু পুরা লোডে একটি মোটর যত অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে, স্টার্টারের সাহায্যে চালু করিবার সময় সাধারণতঃ তাহা অপেক্ষা ১½ হইতে ২ গুণ বেশী কারেণ্ট লইয়া থাকে। সুতরাং ওয়্যারিংয়ের নিরাপত্তার কথা বিবেচনা করিয়া,

১৭৬ নং চিত্র

অর্থাৎ ওয়্যারিংয়ের তার যাহাতে সহজে নষ্ট না হয় আর তারের পরিবাহীর মধ্যে তড়িৎ-চাপের ঘাটতির পরিমাণও যাহাতে অপেক্ষাকৃত কম থাকে সেইজন্য এই মোটরের ওয়্যারিং করিতে তামার পরিবাহীর দ্বারা নির্মিত ১৯/০·০৫২" অথবা অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহীর দ্বারা নির্মিত ৭/২·২৪ মিলিমিটার আয়তনের ভি. আই. আর. অথবা পি. ভি. সি. তার ব্যবহার করা উচিত। অধিক উত্তাপ সৃষ্টি কিংবা ইন্‌সুলেশনের কোন ক্ষতি না করিয়া প্রথম প্রকার তারের মধ্য দিয়া ৫৬ অ্যাম্পিয়ার আর দ্বিতীয় প্রকার তারের মধ্য দিয়া ৫৪ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট অনবরত প্রবাহিত হইতে পারে। যেহেতু লাইনের তড়িৎ-চাপ ৪৫০ ভোল্ট, অতএব ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী তারের ইন্‌সুলেশন ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের উপযোগী হইবে। যে কণ্ডুইট পাইপের সাহায্যে ওয়্যারিং করা হইবে, তাহার মধ্য দিয়া মিটার হইতে মোটরের স্টার্টার পর্যন্ত দুইগাছা আর স্টার্টার হইতে মোটর পর্যন্ত তিনগাছা তার টানা হইবে। এই তার যাহাতে সহজে টানা যায় সেইজন্য পাইপের ব্যাস ৫০·৮ মিলিমিটার (২ ইঞ্চি) হওয়া প্রয়োজন। পাইপ ভারী গেজের (heavy gauge), অর্থাৎ ১৪ অথবা ১৬ নং গেজের (S. W. G.), আর প্যাঁচ কাটা হইবে।

এখন, লোডসহ চলিবার সময় মোটর ৪১·৪ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। কিন্তু ৪১·৪ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট বহন-উপযোগী কোন সুইচ বাজারে পাওয়া যায় না ; প্রচলিত সুইচের তড়িৎ-বহন ক্ষমতা সাধারণত ৩০ অ্যাম্পিয়ার অথবা ৬০ অ্যাম্পিয়ার হইয়া থাকে। ইহার মধ্যে ৩০ অ্যাম্পিয়ার বহন উপযোগী সুইচ ব্যবহার করিলে মোটর চালু করিবার এবং অনবরত চলিবার সময় সুইচের কন্‌ট্যাক্ট খুব বেশী গরম হইয়া পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা আছে। সুতরাং আলোচ্য মোটরের জন্য লোহার আবরণ দেওয়া, দুই-পোল, ৬০-অ্যাম্পিয়ার, ৫০০-ভোল্ট (Iron Clad, Double-Pole, 60-ampere, 500-volt) গ্রেডের দুইটি সুইচ ব্যবহার করাই যুক্তিযুক্ত।

যেহেতু মোটরের ক্ষমতা ২০ অশ্ব-শক্তি, অতএব উহার সারকিটে একটি অ্যাম্মিটার এবং একটি ভোল্টমিটারও ব্যবহার করা প্রয়োজন। মিটার দুইটির আকার এমন হওয়া চাই যাহাতে অ্যাম্মিটার শূন্য হইতে ১০০ অ্যাম্পিয়ার পর্যন্ত আর ভোল্টমিটার শূন্য হইতে ৫০০ ভোল্ট পর্যন্ত নির্দেশ করিতে পারে। মেন সুইচের পরে একই বোর্ডের উপর এই মিটার দুইটিও বসানো চলে।

এইবার মোটর আর্থিং করিতে যে-সকল দ্রব্যের প্রয়োজন, তাহার হিসাব করিতে হইবে। মাঝারি চাপের সংস্থাপন বলিয়া সম্পূর্ণ আলাদা ও স্বতন্ত্র দুইটি আর্থিংয়ের সাহায্যে মোটর এবং অন্যান্য যন্ত্রপাতি মাটির সহিত সংযুক্ত থাকিবে। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৩৩নং নিয়ম অনুযায়ী যদিও সরবরাহকারীকে প্রত্যেক গ্রাহকের ব্যবহারের জন্য মাটির সহিত যুক্ত একটি উপযুক্ত পরিবাহীর প্রান্তের (earthed terminal) ব্যবস্থা রাখিতে হয়, কিন্তু তাহার উপর নির্ভর না করিয়া সংস্থাপনের জন্য আলাদা দুইটি আর্থিংয়ের ব্যবস্থা করিলে নিঃসন্দেহে তাহা অধিকতর ভাল বন্দোবস্ত হয়। আলোচ্য মোটরের দুইটি আর্থিং ১৭৭নং চিত্রে মিটারবোর্ডের নিকটেই দেখানো হইয়াছে।

আর্থিংয়ের জন্ম দুইটি তড়িদ্‌দ্বার যে দুইটি গর্তের মধ্যে বসানো হইবে, তাহাদের মধ্যে দূরত্ব কমপক্ষে পাঁচ মিটার থাকিবে। যেহেতু ওয়্যারিংয়ের কাজে ব্যবহৃত সর্বাপেক্ষা মোটা তামার তারের আয়তন ১৯/০·০৫২ ইঞ্চি, অর্থাৎ তারের প্রস্থচ্ছেদ ০·০৪ বর্গইঞ্চি, অতএব ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী আর্থের তারের প্রস্থচ্ছেদ তামার তারের ক্ষেত্রে ০·০২ বর্গ ইঞ্চি (৮নং এস্ ডবলিউ. জি.) আর গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার তারের ক্ষেত্রে ০·০৪ বর্গ ইঞ্চি বা ৫০ বর্গ মিলিমিটার (৫নং এস্. ডবলিউ. জি.) হইবে। তাহা ছাড়া আর্থিংয়ের তড়িদ্‌দ্বার হিসাবে ৩৮·১ মিলিমিটার ব্যাসের গ্যালভ্যানাইজ করা দুইটি লোহার পাইপ, আর তড়িদ্‌দ্বারের উপর হইতে ফানেল পর্যন্ত সংযোগের জন্য ১৯·০৫ মিলিমিটার এবং ফানেলের গোড়া হইতে মিটারবোর্ড পর্যন্ত আর্থের তার টানিবার জন্য ১২·৭ মিলিমিটার ব্যাসের আরও দুই প্রকার গ্যালভ্যানাইজ করা লোহার পাইপ প্রয়োজন হইবে। আমাদের দেশে তামার তারের দাম খুব বেশী বলিয়া গ্যালভ্যানাইজ করা লোহার তারই সচরাচর আর্থের তার হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

উপরি-উক্ত হিসাবে যে-সকল যন্ত্রপাতি আর দ্রব্যাদির কথা বলা হইল, তাহাদের স্থাপন করিতে আরও কিছু দ্রব্যাদির প্রয়োজন হয়। এই সমস্ত দ্রব্য ও যন্ত্রপাতির একটি তালিকা নিম্নে দেওয়া হইল :

ক্রমিক নং	যন্ত্রপাতি অথবা দ্রব্যের নাম ও বিবরণ	যন্ত্রপাতির সংখ্যা অথবা দ্রব্যের পরিমাণ
১	টার্মিন্যাল-বাক্স, লোহার পাত. নাট, বল্টু প্রভৃতি সহ ২০-অশ্বশক্তি, ৪৫০-ভোল্ট, ডি. সি. সান্ট মোটর।	১টি
২	লোহার আবরণ দেওয়া এবং ফিউজ কাট-আউট যুক্ত ডবল-পোল, ৬০-অ্যাম্পিয়ার, ৫০০-ভোল্ট গ্রেডের সুইচ (60-ampere, 500-volt grade D. P. I. C. Switch with fuse cut-outs)।	২টি
৩	২০-অশ্বশক্তি, ৪৫০-ভোল্ট, তিন-প্রান্তওয়ালা, ফেস্-প্লেট ধরনের স্টার্টার (20-H.P., 450-volt, 3-Point, Face-Plate type Starter)।	১টি
৪	0-১০০ অ্যাম্পিয়ার মুভিং কয়েল অ্যাম্মিটার (Moving Coil Ammeter, Range 0-100 amperes)।	১টি
৫	0-৫০০ ভোল্ট মুভিং কয়েল ভোল্টমিটার (Moving Coil Voltmeter, Range 0-500 Volts)।	১টি

ক্রমিক নং	যন্ত্রপাতি অথবা দ্রব্যের নাম ও বিবরণ	যন্ত্রপাতির সংখ্যা অথবা দ্রব্যের পরিমাণ
৬ (ক)	৭/২·২৪ মিলিমিটার (২৫ বর্গ মিলিমিটার), অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহী, ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের পি. ভি. সি. তার (7/2·24 mm, i.e., 25 mm², Aluminium Conductor, 650/1100-volt grade P. V. C. Wire) ।	১০ ফুট
৬ (খ)	ভোল্টমিটারের সংযোগের জন্য ১/১·৪০ মিলিমিটার (১·৫ বর্গ মিলিমিটার), অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহী, ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের পি. ভি. সি. তার (1/1·40 mm, i.e., 1·5 mm², Aluminium Conductor, 650/1100-volt grade P. V. C. wire for voltmeter connection) ।	৬ ফুট
৭	১/১·৮০ মিলিমিটার (২·৫ বর্গ মিলিমিটার), অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহী, ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের পি. ভি. সি. তার (1/1·80 mm, i.e., 2·5 mm², Aluminium Conductor, 650/1100-volt grade P. V. C. Wire) । [এই তারের সাহায্যে স্টার্টারের 'F'-দ্বারা চিহ্নিত প্রান্ত মোটরের ফীল্ড-টার্মিন্যালের সহিত সংযুক্ত থাকিবে। সান্ট-ফীল্ড দিয়া খুব অল্প কারেন্ট যায় বলিয়া তারের আয়তনও অপেক্ষাকৃত কম থাকে ।]	১০ ফুট
৮	৫০·৮ মিলিমিটার (২ ইঞ্চি) ব্যাস, ইস্পাতের তৈরী, ১৪ অথবা ১৬ নং গেজের কণ্ডুইট পাইপ, প্যাচ কাটা ধরনের (50·8 mm dia. M. S. Conduit of 14 or 16 gauge, Screwed Type)	৪০ ফুট
৯	৫০·৮ মিলিমিটার (২ ইঞ্চি) ব্যাস, ইস্পাতের তৈরী নমনীয় কণ্ডুইট পাইপ (50·8 mm dia. M. S. Flexible Conduit)	৪ ফুট

ক্রমিক নং	যন্ত্রপাতি অথবা দ্রব্যের নাম ও বিবরণ	যন্ত্রপাতির সংখ্যা অথবা দ্রব্যের পরিমাণ
১০	৫০'৮ মিলিমিটার কণ্ডুইটের ইনস্পেক্শন ও সাধারণ বেণ্ড (50'8 mm Inspection & other Bends for Conduit) এবং ৫০'৮ মিলিমিটার কণ্ডুইটের 'টি' (50'8 mm M. S. Tee)।	৬টি ১টি
১১	৫০'৮ মিলিমিটার কণ্ডুইটের স্যাড্ল্ (50'8 mm Conduit Saddles)। [কণ্ডুইট যখন সোজা লাইনে থাকে, তখন দুই হইতে আড়াই ফুট দূরে দূরে স্যাড্ল্ লাগাইলেই চলে; কিন্তু বাঁকের কাছে স্যাড্ল্ খুব কাছাকাছি লাগাইতে হয়, নইলে কণ্ডুইট ঠিকমত বসে না। আলোচ্য মোটরের ওয়্যারিং-লাইনে আধ ডজন বাঁক থাকায় স্যাড্ল্ কিছু বেশী পরিমাণে ব্যবহার করিতে হইবে।]	২৫টি
১২	৫০'৮ মিলিমিটার আর্থ-ক্ল্যাম্প (50'8 mm Earth Clamp)।	২৫টি
১৩	৫০'৮ মিলিমিটার ব্যাসের লক্-নাট (50'8 mm dia. Lock-Nut)।	২টি
১৪	৫০'৮ মিলিমিটার ব্যাসের এবনাইট অথবা কাঠের বুশ (50'8 mm dia. Ebonite or Wooden Bushes)।	২টি
১৫	কণ্ডুইটের লাইন লোহার পাতের উপর দিয়া টানা হইলে স্যাড্ল্ আবদ্ধ করিবার জন্ত ১½ ইঞ্চি মেসিন স্ক্রু, আর কাঠের গুলির উপর দিয়া টানা হইলে ১½ ইঞ্চি কাঠের স্ক্রু ব্যবহার করিতে হইবে (1½" Machine Screw or 1½" Wooden Screw)।	৫০টি
১৬	১½"×১½"×¼" ইস্পাতের অ্যাঙ্গেল (1½"×1½"×¼" M.S. Angle)। [দেওয়ালের গায়ে স্টার্টার, সুইচ প্রভৃতি বসাইবার জন্ত ফ্রেম তৈরী করিতে এই অ্যাঙ্গেল প্রয়োজন।]	২৪ ফুট

ক্রমিক নং	যন্ত্রপাতি অথবা দ্রব্যের নাম ও বিবরণ	যন্ত্রপাতির সংখ্যা অথবা দ্রব্যের পরিমাণ
১৭	১½′×¼′ ইস্পাতের পাত (1½′×¼″ M. S. Flat)। [এই পাতও ফ্রেম তৈরী করিতে প্রয়োজন হয়।]	৮ ফুট
১৮	ওয়াশারসহ ১½″ লোহার বল্টু ও নাট (1½′ M. S Bolts & Nuts with Washers)।	১৬টি
১৯	৫নং এস্ ডবলিউ. জি. (০·০৪ বর্গ ইঞ্চি) গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার তার (No 5 S. W. G. G. I. Earth Wire)। [এই তার মিটারবোর্ড হইতে মোটর পর্যন্ত দুইগাছা করিয়া কণ্ডুইটের সঙ্গে সঙ্গে টানা থাকিবে, এবং সুইচ, স্টার্টার, মোটর, কণ্ডুইট প্রভৃতিকে মাটির সহিত সংযুক্ত করিবে।]	৭০ ফুট
২০	বিপদচিহ্ন-জ্ঞাপক বোর্ড (Danger Board) [একটি বোর্ড মিটারের নিকট আর অন্যটি মোটরের নিকট ব্যবহার করিতে হইবে।] এবং তড়িতাহত ব্যক্তির শুশ্রূষা করিবার নির্দেশ সম্বলিত চার্ট।	২টি ১টি
২১	অ্যাম্মিটার এবং ভোল্টমিটার বসাইবার জন্য দুইটি বাস-বার সম্বলিত ১০০ অ্যাম্পিয়ার, ৫০০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী ২′×৩′ আয়তনের আই. সি. বাক্স।	১টি
২২	সিমেণ্ট, বালি, পাথরকুচি, রং, ভার্নিস, ভিতের উপর মোটর বসাইবার বল্টু এবং নাট ইত্যাদি।	
২৩	আর্থিংয়ের বিভিন্ন দ্রব্য (Earthing Materials) : (ক) ৩৮·১ মিলিমিটার ব্যাস, ২ মিটার দৈর্ঘ্য, গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার পাইপ (আর্থের তড়িদ্‌দ্বার)।	 ২টি

ক্রমিক নং	যন্ত্রপাতি অথবা দ্রব্যের নাম ও বিবরণ	যন্ত্রপাতির সংখ্যা অথবা দ্রব্যের পরিমাণ
	(খ) ১৯·০৫ মিলিমিটার ব্যাস, ২·১ মিটার দৈর্ঘ্য, গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার পাইপ।	২টি
	(গ) ৩৮·১-১৯·০৫ মিলিমিটার 'রিডিউসিং সকেট' (38·1 mm-19·05 mm dia. Reducing Socket)।	২টি
	(ঘ) তারের জাল দিয়া উপরিভাগ আবৃত লোহার ফানেল।	২টি
	(ঙ) ১২·৭ মিলিমিটার ব্যাস, গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার পাইপ।	৭০ ফুট
	(চ) ০·৬৪৫ বর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ, গ্যাল্‌-ভ্যানাইজ করা লোহার পাত অথবা তার। [এই পাত অথবা তারের সাহায্যে মিটারবোর্ড তড়িদ্‌-দ্বারের সহিত যুক্ত থাকিবে। তার ব্যবহার করিলে উহার মাথায় গ্যালভ্যানাইজ করা আর্থিং সকেট ঝালাই করা থাকিবে।]	৭৮ ফুট
	(ছ) ১৯·০৫ মিলিমিটার ব্যাসের গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা নাট।	৬টি
	(জ) লবণ।	৫ কিলোগ্রাম
	(ঝ) কাঠ কয়লা।	৪ কিলোগ্রাম
	(ঞ) সিমেণ্ট, বালি ও পাথরকুচি, কাঠের গুলি অথবা লোহার পাত ইত্যাদি।	

মোটরের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স কিভাবে পরীক্ষা করিতে হয়, তাহার বর্ণনা ইতিপূর্বেই দেওয়া হইয়াছে। পরীক্ষার দ্বারা যদি দেখা যায় মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স কম আছে, তবে মেসিনকে প্রথমে ভালভাবে গরম (dry out) করিতে হইবে, পরে মেসিন ঠাণ্ডা হইলে মাপিয়া দেখিতে হইবে উহার ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স কত আছে। যদি দেখা যায় তখনও ঐ রেজিস্ট্যান্স সন্তোষজনক হয় নাই, তবে

২০-অশ্বশক্তি, ৪৫০-ভোল্ট ডি. সি. সান্ট মোটর স্থাপন করিবার নক্সা

১৭৭নং চিত্র

ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী ওয়াইণ্ডিংয়ের উপর এক স্তর উৎকৃষ্ট শ্রেণীর ইন্‌সুলেটিং বার্নিশ লেপন করিয়া দিতে হইবে।

মোটরের স্থাপন-কৌশলের নক্সা (layout diagram) ১৭৭নং চিত্রে দেখানো হইল। এই কাজে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী যে-সকল নিয়ম পালন করিতে হইবে, তাহাদের কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে। পাঠকের সুবিধার জন্য এখানে পুনরায় তাহা সংক্ষেপে বলা হইতেছে :—

(১) মিটার বোর্ড হইতে মোটর ৩০ ফুট দূরে অবস্থিত বলিয়া মোটরের সারকিটে দুইটি ডি. পি. আই. সি. সুইচ ব্যবহার করিতে হইবে। একটি সুইচ কাট-আউট সহ প্রধান সুইচ হিসাবে মিটার বোর্ডের উপরে এবং অন্যটি নিয়ন্ত্রণকারী সুইচ হিসাবে মোটরের সন্নিকটে (সাধারণতঃ ৬ ফুটের মধ্যে) বসিবে।

(২) ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের দুইগাছা ভি. আই. আর. অথবা পি. ভি. সি. তার একত্রে একই কণ্ডুইট (ভারী গেজের) অথবা অন্য কোন ধাতু নির্মিত কিংবা পি. ভি. সি. অথবা ধাতু ভিন্ন অন্য কোন বস্তুর দ্বারা নির্মিত শক্ত (rigid) পাইপের মধ্য দিয়া টানিয়া মোটরের ওয়্যারিং করিতে হইবে। ধাতু ভিন্ন অন্য কি ধরনের বস্তুর দ্বারা নির্মিত শক্ত পাইপ এই সকল ক্ষেত্রে ব্যবহার করা উচিত তাহা ভারতীয় মানক সংস্থার আই এস : ২৫০৯-১৯৬৩ নং নির্দেশে বলা হইয়াছে।

(৩) মিটার বোর্ড হইতে দুইগাছা ৫নং এস্. ডবলিউ. জি. গ্যাল্‌ভ্যানাইজ করা লোহার তার অথবা ৮নং এস্. ডবলিউ. জি. তামার তার আর্থের তার হিসাবে কণ্ডুইট পাইপের সঙ্গে সঙ্গে টানিয়া মোটরের কাঠামোর সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে। কণ্ডুইটের উপরিভাগ দিয়া এই তার আসিবে এবং আর্থ-ক্ল্যাম্পের সাহায্যে পাইপের গায়ে আবদ্ধ থাকিবে। আর্থের তারের সহিত সুইচ্, স্টার্টার প্রভৃতির বহিরাবরণও সংযুক্ত থাকিবে।

(৪) মিটার বোর্ডের নিকট একটি এবং মোটরের নিকট আর একটি বিপদ-চিহ্ন জ্ঞাপক বোর্ড, আর কারখানায় স্থাপিত বলিয়া উপযুক্ত স্থানে তড়িতাহত ব্যক্তির শুশ্রূষা করিবার নির্দেশ সম্বলিত একটি চার্ট লাগাইয়া দিতে হইবে।

উদাহরণ ৮-২। একটি ১৫ হর্সপাওয়ার ৪৫০ ভোল্ট কম্পাউণ্ড মোটরের "ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স" ও "আর্থ রেজিস্ট্যান্স" কত হওয়া উচিত এবং কি করিয়া মাপা যায়? (Elec. Sup., January, 1974)

এখানে V = ৪৫০ ভোল্ট, আর

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১৫ অশ্বশক্তি।

মোটরের কর্মক্ষমতা কত এই উদাহরণে তাহার উল্লেখ নাই। মনে কর, মোটরের কর্মক্ষমতা শতকরা ৮০ ভাগ। এখন,

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১৫ অশ্বশক্তি

= ১৫ × ৭৪৬ = ১১১৯০ ওয়াট,

$\therefore$ মোটরের গৃহীত শক্তি $= \frac{১১১৯০ \times ১০০}{৮০}$

$= ১৩৯৮৭\cdot৫$ ওয়াট।

$VI_l = ১৩৯৮৭\cdot৫$,

$\therefore \quad I_l = \frac{১৩৯৮৭\cdot৫}{V} = \frac{১৩৯৮৭\cdot৫}{৪৫০}$

$= ৩১\cdot১$ অ্যাম্পিয়ার।

মোটরের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স :

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৪৮ (১) নং নিয়ম অনুযায়ী

মোটরের সর্বোচ্চ লীকেজ কারেন্ট $= \frac{I_l}{৫০০০} = \frac{৩১\cdot১}{৫০০০}$

$= ০\cdot০০৬২২$ অ্যাম্পিয়ার

হইবে।

$\therefore$ মোটরের সর্বনিম্ন ইন্‌সুলেশন

রেজিস্ট্যান্স $= \frac{V}{\text{সর্বোচ্চ লীকেজ কারেন্ট}}$

$= \frac{৪৫০}{০\cdot০০৬২২}$

$= ৭২৩১০$ ওম অথবা $০\cdot০৭২৩৫$ মেগওম

হইবে। কিন্তু ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ নং ৮.৪.১. আই এস : ৯০০-১৯৬৫ (সংশোধিত) অনুসারে আলোচ্য মোটরের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স ১ মেগওম হওয়া উচিত। এখন, যেহেতু $০\cdot০৭২৩৫$ মেগওম অপেক্ষা ১ মেগওম বড় সংখ্যা, অতএব বৈদ্যুতিক আইনের হিসাব অনুযায়ী $০\cdot০৭২৩৫$ মেগওম পাওয়া গেলেও কার্যক্ষেত্রে মোটরের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স ১ মেগওমই হইবে।

মোটরের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স "ইন্‌সুলেশন টেস্টিং মেগারের" সাহায্যে কিভাবে মাপা যায় তাহা ইতিপূর্বেই বলা হইয়াছে।

মোটরের আর্থ রেজিস্ট্যান্স :

কোন বৈদ্যুতিক সংস্থাপনের আর্থিং রেজিস্ট্যান্স কত হইবে, সেই বিষয়ে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনে কোন সুস্পষ্ট নির্দেশ দেওয়া নাই। কিন্তু ভারতীয় মানক সংস্থার ১২.৩.২ আই এস : ৩০৪৩-১৯৬৬ (সংশোধিত ১৯৭১) নং নির্দেশে ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থার সর্বোচ্চ রেজিস্ট্যান্স কত হওয়া উচিত তাহা নির্ণয় করিবার জন্য একটি সূত্র দেওয়া আছে। এই সূত্র অনুযায়ী সংস্থাপনের

$$\text{আর্থিং রেজিস্ট্যান্স} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{পরিবাহী এবং আর্থের মধ্যে ভোল্টেজ}}{২\cdot৫ \times \text{সারকিটের সর্বাপেক্ষা বড় ফিউজ-তারের অথবা সারকিট ব্রেকারের তড়িৎ-বহন ক্ষমতা}} \text{ ওম}$$

হইবে। এখন, বর্তমান উদাহরণে লাইনের তড়িৎ-চাপ (পজিটিভ ও নেগেটিভ

লাইনের মধ্যে) ৪৫০ ভোল্ট থাকায় (নিউট্রাল তার আর্থ করা আছে এইরূপ ধরিয়া লইয়া)

$$\text{পরিবাহী এবং আর্থের মধ্যে ভোল্টেজ} = \frac{৪৫০}{২} = ২২৫ \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। মোটর পুরা লোডে ৩১.১ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে। কিন্তু ৩১.১ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট বহন করিবার পক্ষে উপযুক্ত ফিউজ-তার পাওয়া যায় না বলিয়া ৩৪ অ্যাম্পিয়ার বহনের উপযোগী ফিউজ তার মোটরের সারকিটে ব্যবহার করিতে হইবে। এই তার ২০নং এস্. ডবলিউ জি. টিন বা রাঙ্ দিয়া কলাই করা তামার তার হইবে এবং ইহার তড়িৎ-বহন ক্ষমতা অনুযায়ী

$$\text{মোটরের আর্থ রেজিস্ট্যান্স} = \frac{\frac{১}{২} \times ২২৫}{২.৫ \times ৩৪}$$

$$= \frac{১১২.৫}{৮৫} = \underline{১.৩২৩ \text{ ওম}}$$

হইবে। আর্থের এই রেজিস্ট্যান্স মেগার আর্থ টেস্টারের সাহায্যে কিভাবে নির্ণয় করা যায় তাহা বর্তমান পরিচ্ছেদের ৮-২ অংশে দেখানো হইয়াছে।

উদাহরণ ৮-৩। (ক) একটি ১৫ অশ্বশক্তি ৪৪০ ভোল্টস ডি. সি. মোটর একটি মেসিন সপ-এ বসাইতে হইবে। মোটরের efficiency ৮০%। মোটরটির full load current এর হিসাব বাহির কর।

(খ) মোটরের সহিত আর্থের সর্বাপেক্ষা কম ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স কত হইবে?

(গ) সর্বাপেক্ষা বেশী allowable leakage current কত হইবে?

ই ওয়ান ইলেকট্রিসিটি রুল অনুযায়ী মোটরটি বসাইবার জন্য কি ব্যবস্থা অবলম্বন করিবে তাহা একটি নিখুঁত চিত্র অঙ্কনের সাহায্যে উহার সম্পূর্ণ স্থাপন কৌশল দেখাও।

(Elec. Sup, December, 1966)

এখানে $V = ৪৪০$ ভোল্ট,

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১৫ অশ্বশক্তি, আর

মোটরের কর্মক্ষমতা = ৮০%।

(ক) মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১৫ অশ্বশক্তি

$$= ১৫ \times ৭৪৬ = ১১১৯০ \text{ ওয়াট},$$

$$\therefore \text{ মোটরের গৃহীত শক্তি} = \frac{১১১৯০ \times ১০০}{৮০}$$

$$= ১৩৯৮৭.৫ \text{ ওয়াট।}$$

$$VI_l = ১৩৯৮৭.৫,$$

$$\therefore I_l = \frac{১৩৯৮৭.৫}{V} = \frac{১৩৯৮৭.৫}{৪৪০}$$

$$= ৩১.৮ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

সুতরাং <u>পুরা লোডসহ চলিবার সময় মোটর ৩১.৮ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট লইবে।</u>

৬০-অ্যাম্পিয়ার, ৫০০-ভোল্ট, ডি পি. আই সি সুইচ-ফিউজ ইউনিট
ভারী গেজের শক্ত কন্ডুইট
ইনসপেকশন বেণ্ড
তড়িদাহত ব্যক্তির শুশ্রূষার নির্দেশ সম্বলিত চার্ট
১৫-অশ্বশক্তি, ৪৪০-ভোল্ট, তিন প্রান্ত ওয়ালা, ফেস-প্লেট স্টার্টার
L A F
৫০০ ভোল্ট, আই সি বাস-বার চেম্বার
৬০-অ্যাম্পিয়ার, ৫০০ ভোল্ট, ডি পি আই সি সুইচ
টি জয়েন্ট
বাস-বার চেম্বারের মেন সুইচ
৬ এস ডবলিউ জি বা ৩৫ বর্গ মিলিমিটার আয়তনের গ্যালভ্যানাইজ করা লোহার আর্থের তার
বিপদ চিহ্ন জ্ঞাপক বোর্ড
১৫ অশ্বশক্তি, ৪৪০-ভোল্ট, ডি সি সান্ট মোটর
আর্থের বাস বার
৪৪০-ভোল্ট ডি সি সরবরাহ
নমনীয় কন্ডুইট
আর্থের তড়িদ্দ্বার
আর্থের তড়িদ্দ্বার

১৭৮নং চিত্র

(গ) ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৪৮ (১) নং নিয়ম অনুযায়ী সর্বাপেক্ষা বেশী অনুমোদনযোগ্য লীকেজ কারেণ্ট মোটর পূরা লোডে যত কারেণ্ট গ্রহণ করে তাহার পাঁচ হাজার ভাগের এক ভাগ অপেক্ষা বেশী হইবে না। সুতরাং

সর্বাপেক্ষা বেশী অনুমোদনযোগ্য লীকেজ কারেণ্ট $= \frac{I_l}{৫০০০} = \frac{৩১.৮}{৫০০০}$

$=$ ০.০০৬৩৬ অ্যাম্পিয়ার।

(খ) মোটরের সহিত আর্থের

সর্বাপেক্ষা কম ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স $= \frac{\text{লাইনের ভোল্টেজ}}{\text{সর্বাপেক্ষা বেশী লীকেজ কারেণ্ট}}$

$= \frac{৪৪০}{০.০০৬৩৬}$

$=$ ৬৯১৮০ ওম অথবা ০.০৬৯১৮ মেগওম।

কিন্তু ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশে বলা হইয়াছে, যে-কোন বৈদ্যুতিক মেসিনের সর্বনিম্ন ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স ১ মেগওমের কম হইবে না। সুতরাং আলোচ্য মোটরের সহিত আর্থের সর্বাপেক্ষা কম ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স ১ মেগওমই হওয়া উচিত।

একটি মাঝারি চাপের ডি. সি. মোটর বসাইবার জন্য ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী যে-সকল ব্যবস্থা অবলম্বন করা প্রয়োজন তাহা ৮-১ উদাহরণে বলা হইয়াছে। আলোচ্য মোটরের স্থাপন কৌশল ১৭৮নং চিত্রে দেখানো হইল। সাধারণতঃ মেসিন সপ-এ একাধিক মোটর পরিচালিত হয় বলিয়া বাস-বার চেম্বার হইতেই প্রত্যেক মোটরের জন্য লাইন টানা হইয়া থাকে, আর এই কাজে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সাণ্ট মোটর ব্যবহার করা হয়। আর্থিংয়ের কাজে এক্ষেত্রে একটি আর্থিং বাস-বার ব্যবহার করাই যুক্তিযুক্ত, কারণ বাস-বার হইতে বিভিন্ন মেসিনের জন্য আর্থের তার যত সহজে টানা যায়, অন্য কোন ব্যবস্থায় সেই কাজ তত সহজে করা চলে না। সেইজন্য ১৭৮নং চিত্রে একটি ১৫-অশ্বশক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন সাণ্ট মোটর, একটি তিন-প্রান্ত ওয়ালা ফেস্‌-প্লেট ধরনের স্টার্টার, দুইটি ডি. পি. আই. সি. সুইচ, একটি বাস-বার চেম্বার, একটি আর্থিং বাস-বার এবং মোটরের ওয়্যারিং ও আর্থের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

উদাহরণ ৮-৪। প্রমাণ কর যে, একটি 30-ampere সুইচ্ একটি 440 Volt, 20 h p মোটরের control সুইচ্ হিসাবে ব্যবহারের অনুপযুক্ত। মোটরের full-load efficiency 85 per cent.

উপরোক্ত মোটরটি control করিবার জন্য যে সুইচের প্রয়োজন তাহার *detailed* Specification দাও। (Elec. Sup., July, 1964)

এখানে $V =$ *৪৪০ ভোল্ট*

মোটরের উৎপাদিত শক্তি $=$ ২০ অশ্বশক্তি, আর

মোটরের কর্মক্ষমতা $=$ ৮৫%।

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ২০ অশ্বশক্তি

$= ২০ \times ৭৪৬ = ১৪৯২০$ ওয়াট,

$\therefore$ মোটরের গৃহীত শক্তি $= \frac{১৪৯২০ \times ১০০}{৮৫}$

$= ১৭৫৬০$ ওয়াট।

$VI_l = ১৭৫৬০,$

$\therefore \quad I_l = \frac{১৭৫৬০}{V} = \frac{১৭৫৬০}{৪৪০}$

$= ৩৯.৯$ অ্যাম্পিয়ার।

মোটর পুরা লোডসহ চলিবার সময় ৩৯.৯ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট গ্রহণ করে বলিয়া স্টার্টারের সাহায্যে চালু করিবার সময় উহা ৬০ হইতে ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট লইবে। সুতরাং এই মোটর নিয়ন্ত্রণ করিতে ৩০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট বহনের উপযোগী সুইচ ব্যবহার করিলে সেই সুইচ অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিবে এবং অবিলম্বে পুড়িয়া যাইবে।

আলোচ্য মোটরটি নিয়ন্ত্রণ করিবার জন্ম একটি ৬০-অ্যাম্পিয়ার, ৫০০-ভোল্ট গ্রেড, ফিউজ কাট-আউট যুক্ত, লোহার আবরণ দেওয়া, ডবল-পোল সুইচ ব্যবহার করিতে হইবে।

উদাহরণ ৮-৫। একটি 10 h. p. 440-volt motor control gear-এর over load trip 120 per cent-এ বাঁধা হইলে ঐ মোটরের earthing resistance-এর মান (value) কত হওয়া উচিত তাহা কারণ দিয়া বুঝাইয়া দাও।

উপরি-উক্ত মোটর installation-এর earthing এর ব্যবস্থা কিরূপ হইবে তাহা একটি diagram-এর সাহায্যে দেখাও। (Elec. Sup., July, 1964)

এখানে $V = ৪৪০$ ভোল্ট, আর

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১০ অশ্বশক্তি।

এই উদাহরণে মোটরের কর্মক্ষমতা সম্বন্ধে কোন উল্লেখ না থাকায় তাহা শতকরা ৮০ ভাগ ধরা হইল। এখন

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১০ অশ্বশক্তি

$= ১০ \times ৭৪৬ = ৭৪৬০$ ওয়াট,

$\therefore$ মোটরের গৃহীত শক্তি $= \frac{৭৪৬০ \times ১০০}{৮০}$

$= ৯৩২৫$ ওয়াট।

$VI_l = ৯৩২৫,$

$\therefore \quad I_l = \frac{৯৩২৫}{V} = \frac{৯৩২৫}{৪৪০}$

$= ২১.২$ অ্যাম্পিয়ার।

১৭৩নং চিত্র

১০-অশ্ব-শক্তি, ৪৪০-ভোল্ট, ডি. সি. মোটরের ওয়্যারিং ও আর্থিং ব্যবস্থা

২১·২ অ্যাম্পিয়ারের ১২০% $= ২১·২ \times \frac{১২০}{১০০}$

$= ২৫·৪৪$ অ্যাম্পিয়ার।

যদি ধরিয়া লওয়া যায় সরবরাহ লাইনের নিউট্রাল আর্থ করা আছে, তবে লাইনের পরিবাহী আর আর্থের মধ্যে তড়িৎ-চাপ $\frac{৪৪০}{২} = ২২০$ ভোল্ট হইবে। সুতরাং ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী

$$\text{মোটরের আর্থিং রেজিস্ট্যান্স} = \frac{\frac{১}{২} \times ২২০}{২৫ \times ২৫\cdot৪৪}$$

$$= \frac{১১০}{২\cdot৫ \times ২৫\cdot৪৪}$$

$$= \underline{১\cdot৭৩ \text{ ওম}}$$

হওয়া উচিত। মোটরের আর্থিং ব্যবস্থা কিরূপ হইবে তাহা ১৭৯নং চিত্রে দেখানো হইল। মাঝারি চাপের সংস্থাপন বলিয়া এই মোটরের জন্য দুইটি পৃথক আর্থ করিতে হইবে। চিত্রে একটি আর্থিং মোটরের নিকটে আর অন্যটি মিটার বোর্ডের নিকটে দেখানো হইয়াছে। এইরূপ ব্যবস্থায় মাটির সহিত সংযোগরক্ষাকারী একটি তার মোটর হইতে মিটার বোর্ডের দিকে আর অন্য একটি তার মিটার বোর্ড হইতে মোটরের দিকে কণ্ডুইট পাইপের সঙ্গে সঙ্গে লইয়া যাইতে হইবে। যদি ধরিয়া লওয়া হয় যে, মিটার বোর্ডের নিকটেই মোটরটি বসানো হইবে, তবে উহাকে নিয়ন্ত্রণ করিবার পক্ষে একটি সুইচই যথেষ্ট।

৮-৬। বিভিন্ন কাজে ডি. সি. মোটরের ব্যবহার (D. C. Motors for Given Services)

(১) গৃহস্থালির কাজ (Domestic Uses)

সেলাই কল, পাখা, ভ্যাকিউয়াম ক্লীনার, রেফ্রিজারেটর, কাপড়-কাচা মেসিন প্রভৃতি পরিচালনার কাজে আজকাল বৈদ্যুতিক মোটর ব্যবহার করা হয়। ছোট ছোট সিরিজ মোটর এই সকল কাজের পক্ষে বিশেষ উপযোগী, তবে যন্ত্রপাতি ইউনিভার্স্যাল মোটর দ্বারা পরিচালনা করিলে তাহা ডি. সি. এবং এ. সি. উভয় প্রকার সরবরাহেই ব্যবহার করা চলে।

(২) মেসিন টুলস্ পরিচালনা (Machine Tools)

বড় বড় কলকারখানার কাজে, বিশেষত ব্যাপক উৎপাদনের ক্ষেত্রে, বৈদ্যুতিক মোটর দ্বারা পরিচালিত যন্ত্রপাতি—যেমন, ড্রিল-মেসিন, প্ল্যানার ইত্যাদি, ব্যবহার করিলে উৎপাদনের খরচ অনেক কম পড়ে। এই কারণে ছোট ছোট যন্ত্রপাতির জন্য সাধারণত ইউনিভার্স্যাল মোটর আর বড় বড় মেসিন পরিচালনা করিতে শাণ্ট, সিরিজ ও কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা হইয়া থাকে। মোটরের গতিবেগ বেশী হয় বলিয়া যন্ত্রপাতি অপেক্ষাকৃত কম গতিবেগে পরিচালনা করিবার জন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মোটরকে গীয়ারের সাহায্যে লোডের সহিত সংযুক্ত করা হয়। বড় আকারের বহন-যোগ্য যন্ত্রপাতি পরিচালনা করিবার সময় মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া যাহাতে বিপজ্জনক অবস্থায় না পৌছায়, সেইজন্য এই সকল কাজে সিরিজ মোটরের পরিবর্তে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করাই যুক্তিযুক্ত।

(ক) লেদ মেসিন, মিলিং মেসিন ও গ্রাইণ্ডিং মেসিন পরিচালনা (Lathes, Milling and Grinding Machines) :—

এই সকল মেসিন পরিচালনার কাজে ডি. সি. সাণ্ট মোটরই সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী। মোটরের ক্ষমতা ৫০ অশ্বশক্তি পর্যন্ত হইয়া থাকে, আর প্রয়োজনমত মোটরের গতিবেগ যাহাতে কম বা বেশী করা যায় সেইজন্য সাণ্ট ফীল্ডে একটি পরিবর্তনশীল রোধক ব্যবহার করা হয়।

(খ) প্লেনার মেসিন পরিচালনা (Planers) :—

এই মেসিনের সাহায্যে যে-সকল জিনিসের উপরিভাগ কাটিয়া মসৃণ করা হয় তাহা মেসিনের যে অংশে বাঁধা থাকে সেই অংশ একবার সামনের দিকে অপেক্ষাকৃত ধীর গতিতে অগ্রসর হয়, আবার পরমুহূর্তে অপেক্ষাকৃত দ্রুতগতিতে পিছনের দিকে সরিয়া যায়। প্রত্যেকবার সামনের দিকে অগ্রসর হওয়ার সময় উপরিভাগ কাটা হইতে থাকে, আর সেই সঙ্গে যে যন্ত্রের সাহায্যে কাটা হয় তাহা একটু একটু করিয়া সরিতে আরম্ভ করে। সেইজন্য যে মোটরের সাহায্যে প্লেনার মেসিন পরিচালনা করা হয়, তাহার গতিবেগ যাহাতে দ্রুত কম-বেশী অথবা বিপরীতমুখী করা যায় সেইরূপ বন্দোবস্ত থাকা প্রয়োজন। এই কাজে সুবিধা হয় বলিয়া বড় বড় মেসিনের ক্ষেত্রে অনেক সময় আলাদা একটি জেনারেটারের সাহায্যে মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হইয়া থাকে। জেনারেটারটিকে আবার সরবরাহ অনুযায়ী এ. সি. অথবা ডি. সি. মোটরের সাহায্যে ঘুরানো হয়। প্রয়োজন অনুসারে জেনারেটারের ফীল্ডের উত্তেজন কম অথবা বেশী কিংবা বিপরীতমুখী করিয়া মেসিন চালনাকারী মোটরটির গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। এই সকল ক্ষেত্রে মোটরের গতিবেগ হ্রাস করিবার সময় কিংবা বিপরীতমুখী করিবার সময় সাধারণতঃ 'রিজেনারেটিভ ব্রেকিং' প্রয়োগ করা হয়। মোটরে হঠাৎ লোড পড়ে এবং হঠাৎ সেই লোড অপসারিত হয় বলিয়া ছোট ছোট মেসিন পরিচালনার জন্য সাণ্ট মোটর আর বড় বড় মেসিনের জন্য কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করিতে দেখা যায়।

(গ) পাঞ্চিং মেসিন ও শীয়ারিং মেসিন পরিচালনা (Punches and Shears) :—

এই সকল মেসিন পরিচালনা করিবার সময় মোটরে হঠাৎ খুব বেশী লোড পড়ে, আবার হঠাৎ মোটর একেবারে লোডশূন্য অবস্থায় চলিয়া আসে। সেইজন্য এই ধরনের কাজের পক্ষে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর অতিশয় উপযোগী। মোটরের সহিত অনেক সময় একটি 'ফ্লাই হুইল' (fly wheel) ব্যবহার করা হয়। লোডশূন্য অবস্থায় চলিবার সময় ফ্লাই হুইল মোটরের নিকট হইতে যান্ত্রিক শক্তি গ্রহণ করিয়া তাহা সঞ্চয় করে। পরে কোন বস্তুতে ছিদ্র অথবা কোন জিনিস দ্বিখণ্ডিত করিবার সময় যখন অতিরিক্ত শক্তির প্রয়োজন হয়, তখন ফ্লাই হুইল মোটরকে উহার সঞ্চিত শক্তি সরবরাহ করিতে থাকে।

(৩) ক্রেন পরিচালনা (Cranes)

সহজে আর সমানভাবে গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা যায় বলিয়া ক্রেন পরিচালনার কাজে এ. সি. মোটর অপেক্ষা ডি. সি. মোটর ব্যবহার করাই অধিকতর সুবিধাজনক। ক্রেনের সাহায্যে সাধারণতঃ ভারী ভারী মালপত্র তোলা হয়, তাই চালু করিবার সময় মোটরের আর্মেচারে বেশী ঘূর্ণক উৎপন্ন হওয়া প্রয়োজন। সেইজন্য এই কাজে ডি. সি. সিরিজ অথবা কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা হইয়া থাকে। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই কনট্যাক্টার দ্বারা পরিচালিত ড্রাম কণ্ট্রোলারের সাহায্যে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা হয়, আর কনট্যাক্টারগুলি নিয়ন্ত্রিত হয় পুশ-বাটনের সাহায্যে। মালপত্র তুলিবার সময় কম্পাউণ্ড মোটর আর ক্রেনটিকে নানাস্থানে লইয়া যাওয়ার সময় সিরিজ মোটর ব্যবহার করা হয়।

(৪) লিফট্ পরিচালনা (Lifts)

লিফট্ পরিচালনার জন্য এমন মোটর ব্যবহার করা প্রয়োজন যাহা সহজে চালু করা যায় আর সহজে বন্ধ করা চলে, যাহার আর্মেচারের গড়ন হালকা এবং গতিবেগ মাঝারি ধরনের। চালু করিবার সময় এই মোটরের ঘূর্ণক অধিক হওয়া প্রয়োজন। তাই ডি. সি. কম্পাউণ্ড মোটরই এই কাজের পক্ষে সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী। মোটরের গতিবেগ অনেক সময় ওয়ার্ড-লিওনার্ড পদ্ধতির সাহায্যে নিয়ন্ত্রণ করা হয়, আর ইহাতে কোন পরিবর্তনশীল রোধক ব্যবহার করা হয় না বলিয়া শক্তির অপচয়ও অনেক কম হইয়া থাকে।

(৫) বয়ন শিল্পের মেসিন পরিচালনা (Textile Machinery)

কার্পাস বস্ত্র অথবা পশমজাত দ্রব্য উৎপাদনের কারখানায় বাতাসে সর্বদাই আর্দ্রতা থাকে এবং তুলা অথবা পশমের কেঁসো ভাসিয়া বেড়ায়। সেইজন্য মোটরের আবরণ নিছিদ্র আর ওয়াইণ্ডিংয়ের ইনসুলেশন আর্দ্রতা নিরোধের পক্ষে উপযুক্ত হওয়া দরকার। তাহা ছাড়া মোটরের গতিবেগ মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকা আর কর্মক্ষমতা উচ্চমানের হওয়াও একান্ত প্রয়োজন। তাই এই ধরনের কাজের পক্ষে ডি. সি. সাণ্ট মোটরই সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী। কিন্তু সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ সামান্য কম-বেশী হইলেই সাণ্ট মোটরের গতিবেগ পরিবর্তিত হইতে থাকে। সেইজন্য ডি. সি. মোটরের পরিবর্তে যদি এ. সি., ৩-ফেজ স্কুইর্ল-কেজ ইণ্ডাক্শন মোটর ব্যবহার করা যায়, তবে মেসিন পরিচালনার কাজে গতিবেগ অপরিবর্তিত রাখিতে তাহা বেশী সহায়ক হয়।

(৬) ছাপাখানার মেসিন পরিচালনা (Printing Machinery)

একটি নির্দিষ্ট গতিবেগে 'গিলটিন' (guillotines), 'প্ল্যাটেন' (platens) ও অন্যান্য ছোট ছোট মেসিন পরিচালনার জন্য যদিও ডি. সি. সাণ্ট মোটর ব্যবহার করা চলে, তবে কার্যক্ষেত্রে অনেক বেশী সুবিধা পাওয়া যায় বলিয়া এই সকল মেসিন

সাধারণতঃ এ. সি. স্কুইর্‌ল-কেজ ইণ্ডাক্‌শন মোটরের সাহায্যেই পরিচালিত হয়। কিন্তু দ্রুতগতিতে পরিচালিত রোটারী প্রেসের পক্ষে ডি. সি. কম্পাউণ্ড মোটর অতিশয় উপযোগী। এই মেসিনের গতিবেগ খুব বেশী পরিমাণে পরিবর্তন করার প্রয়োজন দেখা দেয়; সর্বোচ্চ আর সর্বনিম্ন গতিবেগের অনুপাত ৪ : ১ পর্যন্ত হইয়া থাকে। প্রেস যখন খুব ধীর গতিতে চলে, তখন একটি ক্ষুদ্র কম্পাউণ্ড মোটরের সাহায্যে উহা পরিচালিত হয়। এই মোটরের সহিত প্রেস গীয়ারের সাহায্যে যুক্ত থাকে, আর সেই সঙ্গে এমন একটি 'ক্লাচ' (clutch)-এর বন্দোবস্ত করা থাকে যাহাতে প্রধান মোটরটি পরিচালনার কাজ সুরু করা মাত্র ক্ষুদ্র মোটরটির সহিত মেসিনের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। তখন ক্ষুদ্র মোটরটিকে বন্ধ করিয়া বিশ্রাম দেওয়া হয়।

(৭) কাগজ তৈরী করার মেসিন পরিচালনা (Paper Making Machinery)

এই মেসিন পরিচালনার কাজে বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন প্রকারের মোটর প্রয়োজন হয়, আর সেই সকল মোটরের গতিবেগ খুব সূক্ষ্মভাবে নিয়ন্ত্রণ করা আবশ্যক বলিয়া অনেক ক্ষেত্রে ডি. সি. এবং এ. সি.—এই উভয় প্রকার মোটরই ব্যবহার করিতে দেখা যায়। ডি. সি. মোটরের মধ্যে সাধারণতঃ সান্ট আর কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা হয়, আর সূক্ষ্মভাবে গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করার জন্য অনেকস্থলেই ওয়ার্ড-লিওনার্ড পদ্ধতি অবলম্বন করা হইয়া থাকে।

মেসিনের সকল অংশের মোটর একত্রে চালানো বা বন্ধ করা চলে না। যখন এক অংশের মোটর চালু থাকে, তখন অন্য কোন অংশের মোটর বন্ধ করিবার প্রয়োজন দেখা দেয়; সেই কারণে বিভিন্ন প্রকার মোটরের পরস্পরের মধ্যে আবদ্ধ করা (interlock) নির্ভরযোগ্য কোন সংযোগ থাকা একান্ত আবশ্যক। "হারল্যাণ্ড ইণ্টারলক ড্রাইভ" (Harland Interlock Drive) এইরূপ একটি সংযোগ-রক্ষাকারী পদ্ধতি যাহার সাহায্যে প্রয়োজনীয় মুহূর্তে একটি মোটর আপনা হইতেই উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরিতে আরম্ভ করে, আবার কাজ শেষ হওয়া মাত্র আপনা হইতেই ঐ মোটর বন্ধ হইয়া যায়।

(৮) লোহা ও ইস্পাতের কারখানা পরিচালনা (Iron and Steel Works)

বিভিন্ন ধরনের কলকারখানাগুলির মধ্যে লোহা এবং ইস্পাতের কারখানাই এককভাবে বৈদ্যুতিক শক্তির সর্বাপেক্ষা বড় গ্রাহক। সাধারণতঃ এক টন ইস্পাতের পিণ্ড তৈরী করিতে প্রায় ৩০০ কিলোওয়াট-আওয়ার বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়, আর সেই পিণ্ড হইতে লোহার পাত, ইস্পাতের চ্যানেল, ইস্পাতের অ্যাংগল প্রভৃতি তৈরী করিতে রোলিং মিলে প্রয়োজন হয় আরও ২০০ কিলোওয়াট-আওয়ার। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ খুব সহজে আর সমানভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায় বলিয়া 'মার্চেণ্ট মিল' ও অন্যান্য মিলগুলি পরিচালনার কাজে এ. সি. মোটর অপেক্ষা ডি. সি. মোটরই বেশী

উপযোগী। যদিও ছোট ছোট মিলগুলি সাণ্ট মোটরের সাহায্যেই পরিচালিত হইতে পারে, কিন্তু অধিকাংশ রোলিং মিলেই ব্যবহার করা হয় কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর। মিল পরিচালনার সময় কখন মোটরে হঠাৎ খুব বেশী লোড পড়ে, আবার কখন সেই মোটর একেবারে লোডশূন্য অবস্থায় চলিতে থাকে। তাই চালু অবস্থায় মোটরের যাহাতে কোন ক্ষতি না হয় সেইজন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মোটরের ফীল্ড-সারকিটে কম্পিন্‌সেটিং ওয়াইণ্ডিং আর ইণ্টারপোল ব্যবহার করিতে দেখা যায়।

(৯) খনির কাজ পরিচালনা (Mining)

খনিতে বিভিন্ন কাজে যে-সকল বিভিন্ন ধরনের মোটর ব্যবহার করা হয়, তাহাদের আবরণের মধ্য দিয়া আগুন যাহাতে বাহিরে আসিতে না পারে সেইরূপ বন্দোবস্ত থাকা একান্ত প্রয়োজন; বিশেষতঃ কম্যুটেটার আর স্লিপ-রিং যদি এইরূপ আবরণের দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া না থাকে, তবে বিপদ ঘটিবার আশঙ্কা অনিবার্য হইয়া ওঠে। ১০ অশ্ব-শক্তি পর্যন্ত ক্ষমতাসম্পন্ন মোটরগুলি সাধারণতঃ এ. সি. ইণ্ডাক্‌শন মোটর হয়, কিন্তু বড বড় মোটরগুলি অধিকাংশ ক্ষেত্রেই ডি. সি. সাণ্ট অথবা কম্পাউণ্ড মোটর হইয়া থাকে।

খনির ভিতর হাওয়া চলাচলের জন্য যে-সকল পাখার ব্যবস্থা করা থাকে, তাহাদের সাধারণতঃ সাণ্ট অথবা কম্পাউণ্ড মোটরের সাহায্যে ঘুরানো হয়। সাণ্ট ফীল্ডের উত্তেজন প্রয়োজনমত কম অথবা বেশী করিয়া এই সকল মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা যায়। আর খনির ভিতর লোকজন অথবা মালপত্র নামাইবার কিংবা খনি হইতে তাহাদের উপরে তুলিবার কাজে যে-সকল খাঁচা (cage) ব্যবহার করা হয়, তাহাদের পরিচালনার জন্য ফ্লাই হুইল সহ দুইটি ডি. সি. মোটর সিরিজে সংযুক্ত করা থাকে। এই দুইটি মোটরের ফীল্ড সাধারণতঃ সেপারেট্‌লি এক্সাইটেড হয়, আর তাহাদের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিবার জন্য ওয়ার্ড লিওনার্ড পদ্ধতি ব্যবহার করা চলে।

কয়লা কাটিবার সময় কিংবা বারুদের সাহায্যে বিস্ফোরণ ঘটাইবার জন্য গর্ত খুঁড়িবার কাজে মোটরের লোড কম-বেশী হয় বলিয়া ডি. সি. কম্পাউণ্ড মোটরই এই কাজের পক্ষে উপযোগী। আবার 'ব্যাণ্ড কন্‌ভেয়ার' (band conveyers) পরিচালনার জন্য মোটরের গতিবেগ অপরিবর্তিত থাকা প্রয়োজন; তাই এই কাজে সাণ্ট মোটর ব্যবহার করাই বেশী সুবিধাজনক। তাহা ছাড়া কোন কোন খনির ভিতরে মাটির নীচ হইতে অনবরত জল উঠিতে আরম্ভ করে। তখন সেই জল অপসারণ করিবার জন্য যে পাম্প ব্যবহার করা হয়, তাহাও সাধারণতঃ ডি. সি. সাণ্ট মোটরের সাহায্যেই পরিচালিত হইয়া থাকে।

(১০) পরিবহণ ব্যবস্থা পরিচালনা (Electric Traction)

ট্রাম গাড়ী, ট্রলি বাস, বৈদ্যুতিক ট্রেন, পাতাল রেল প্রভৃতি পরিচালনার জন্য যে-সকল মোটর ব্যবহার করা হয়, চালু করিবার সময় তাহাদের আর্মেচারে বেশী পরিমাণ ঘূর্ণক উৎপন্ন হওয়া প্রয়োজন। মোটরে যত বেশী লোড পড়িবে, উহার ঘূর্ণক তত

বেশী বৃদ্ধি পাইবে, আর সেই সঙ্গে উহার গতিবেগও আপনা হইতে কমিতে আরম্ভ করিবে। তাহা ছাড়া খুব দ্রুত আর সমানভাবে গতিবেগ পরিবর্তন করিবার পক্ষেও এই সকল মোটর উপযুক্ত হওয়া চাই। তাই বর্তমানে প্রায় সকল দেশেই পরিবহন ব্যবস্থা পরিচালনার জন্য ডি. সি. সিরিজ অথবা কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এ. সি. মোটর এই কাজের পক্ষে বিশেষ উপযোগী নহে। লোড যেখানে খুব বেশী পরিমাণে বাড়ে-কমে, অথবা মোটরকে যেখানে অধিকাংশ সময় পুরা লোডে কিংবা তাহা অপেক্ষাও কিছুটা বেশী লোডে চলিতে হয়, সেখানে আবার সিরিজ মোটরের পরিবর্তে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করিলেই কাজের পক্ষে তাহা বেশী সুবিধাজনক হয়। মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা যায় বিভিন্ন উপায়ে। একসঙ্গে পরিচালিত একাধিক মোটরের ক্ষেত্রে সিরিজ-প্যারালেল নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থাই অধিক প্রচলিত, আর এই সকল কাজে মোটরের গতিবেগ সাধারণতঃ কন্‌ট্যাক্টারের সাহায্যে পরিচালিত মাস্টার কণ্ট্রোলারের সাহায্যেই নিয়ন্ত্রণ করা হইয়া থাকে।

প্রশ্নমালা

১। স্থাপন করিবার পূর্বে একটি ডি. সি. মেসিনের কি কি পরীক্ষা করিয়া দেখা প্রয়োজন? চিত্র অঙ্কন করিয়া যে-কোন দুইটি পরীক্ষা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

২। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন এবং ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী একটি ডি. সি. মেসিনের সর্বনিম্ন ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স কত হওয়া উচিত? কোন মেসিনের ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স নির্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা কম থাকিলে তাহা বৃদ্ধি করিবার জন্য কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়?

৩। কি কি উপায়ে একটি ডি. সি. মেসিনের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায় তাহা বুঝাইয়া বল। এই তাপমাত্রা কিসের উপর নির্ভর করে?

৪। ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী একটি ডি সি. মেসিনের ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থা কিরূপ থাকে তাহা একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া বুঝাও। কোন সংস্থাপনের সর্বোচ্চ আর্থ রেজিস্ট্যান্স কত হওয়া উচিত তাহা কিভাবে জানা যায়? আর্থের রেজিস্ট্যান্স বেশী হইলে তাহা কমাইবার জন্য কি কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়?

৫। আর্থের রেজিস্ট্যান্স কোন্ যন্ত্রের সাহায্যে মাপা যায়? একটি পরিষ্কার নক্সা অঙ্কন করিয়া এই যন্ত্রের সাহায্যে আর্থের রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করিবার পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

৬। চালু থাকাকালীন কি কি উপায়ে একটি ডি. সি. মেসিনের যত্ন লওয়া হয় তাহা বল, এবং মাঝে মাঝে মেসিনকে পরীক্ষা করিয়া দেখা উচিত কেন তাহার ব্যাখ্যা কর।

৭। একটি মাঝারি চাপের ডি. সি. মোটর ওয়্যারিং করিবার সময় ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন এবং ভারতীয় মানক সংস্থার যে-সকল নির্দেশ মানিয়া চলিতে হয় তাহাদের উল্লেখ কর।

৮। (ক) ৩০ অশ্বশক্তি ৪৪০-ভোল্ট ডি সি মটরের প্রয়োজনীয় সুইচের স্পেসিফিকেশন লেখ।

(খ) ইনস্টলেশনের পূর্বে একটি মটরের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স যাহা হইবার কথা তাহা অপেক্ষা যদি কম হয় তাহা হইলে উহার উন্নতির জন্য কি করিবে? উহা করিতে কি প্রিকশান লইবে?

একটি ৩০ অশ্বশক্তি ৪৪০-ভোল্ট মটরের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স-এর কত সর্বনিম্ন মান তোমার নিকট সন্তোষজনক হইবে?

৯। ইণ্ডিয়ান ইলেকট্রিসিটি রুল অনুযায়ী একটি ১০ এইচ পি, ৪৪০ ভোল্ট ডি সি মোটর বসাইবার জন্য কি ব্যবস্থা অবলম্বন করিবে তাহা একটি নিখুঁত চিত্র অঙ্কনের সাহায্যে উহার সম্পূর্ণ স্থাপন কৌশল দেখাও।

১০। একটি ৪৪০-ভোল্ট, ২০ এইচ্, পি, সাণ্ট মটরের ফুল লোড এফিসিয়েন্সি ৮৫%। প্রমাণ কর যে, ৩/০'০২৯ ভি, আই, আর, তার এই মেসিনের ওয়্যারিংয়ের পক্ষে অনুপযোগী।

উপরি-উল্লিখিত মটরটির স্থাপন-কৌশলের একটি নক্সা অঙ্কন কর এবং উহাতে আই, ই, রুল অনুসারে কি কি নিয়ম পালন করিতে হইবে তাহা ঐ নক্সায় দেখাও।

১১। যদি কোন কারখানায় ৪৪০ ভোল্টস্ ডি, সি, সাপ্লাই পাওয়া যায় তবে লাইন স্যাফ্ট চালাইতে গেলে কি প্রকার মোটর ব্যবহার করিবে? কেন?

যদি ঐ কারখানায় ১০ অশ্বশক্তির প্রয়োজন হয় তবে ঐরূপ একটি মোটর বসাইতে যে যে দ্রব্যের প্রয়োজন হইবে তাহার একটি পূর্ণ তালিকা প্রস্তুত কর। মোটরটির জন্য আন্দাজ ৩০ ফুট লম্বা লাইন ও ৬টি বেণ্ডস লাগিতে পারে। মোটরটির এফিসিয়েন্সি ৮৫% ধর।

১২। আটা-চাকির জন্য ১৫ অশ্ব-শক্তি সম্পন্ন ৪৪০ ভোল্টের ডি সি মোটর বসাইতে হইলে ১৯৫৬ সালের ভারতীয় ইলেকট্রিসিটি আইন অনুযায়ী কি কি বিষয়ে বিবেচনা করিতে হইবে?

১৩। একটি ট্রাম গাড়ীর "ট্রাকশন মোটর" (অর্থাৎ যে মোটর দ্বারা ট্রামটি চালিত হয়) ডি সি তে চলে। মোটরটি চলিবার সময় পুড়িয়া নষ্ট হইয়া যায়। উহার পর রিপেয়ার শপ্-এ মোটরটি সারান হয়। সারাইবার পর উক্ত মোটরটি ট্রাম গাড়ীতে লাগাইবার (অর্থাৎ ফিট করিবার) পূর্বে রিপেয়ার শপ্-এ মোটরটি কিরূপে এবং কি কি প্রকারে টেস্ট করিবে? যে-সকল টেস্ট করিবে তাহা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

১৪। Electric line-এর earthing এবং electric apparatus-এর earthing—এই দুইটির কি পার্থক্য বুঝাইয়া দাও এবং ইহাদের উদ্দেশ্য কি তাহাও উল্লেখ কর।

একটি D. C. motor-এর earthing সন্তোষজনক কিনা তাহা কিরূপে নিরূপণ করিবে এবং Earthing Resistance-এর মান (value) কত হইবে ?

[সরবরাহ লাইনের কোন অংশে বিদ্যুৎবাহী তার ভূমির সংস্পর্শে আসিলে ঐ লাইনের যাহাতে কোন ক্ষতি হইতে না পারে সেইজন্য যে-সকল সতর্কতামূলক ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়, তাহাকেই "লাইনের আর্থিং করা" বলে। ভূমির সহিত সংযোগের দরুন যে ধরনের বিপদ দেখা দেওয়ার সম্ভাবনা থাকে, আর্থিং ব্যবস্থা তাহা হইতে লাইনকে রক্ষা করে। তাহা ছাড়া আর্থিং ব্যবস্থা লাইনের প্রতিটি বিদ্যুৎবাহী তার আর ভূমির মধ্যে তড়িৎ-চাপের পরিমাণ এতটা সীমাবদ্ধ রাখে যাহাতে এই চাপ বৃদ্ধি পাইয়া লাইনের ইন্‌সুলেটরের পক্ষে উপযোগী তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা বেশী হইয়া উঠিতে না পারে (earthing of an electric line is to give protection against "earth-faults" on the system and to preserve the security of the system by ensuring that the voltage on each line-conductor is restricted to such a value with respect to the potential of the general mass of the earth as is consistent with the level of insulation applied)।

বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি আর সরঞ্জামের ধাতু নির্মিত বহিরাবরণের তড়িৎ-বিভব উহাদের চারিপাশে অবস্থিত অন্যান্য বস্তুর তুলনায় যখন এত বেশী হইয়া দাঁড়ায় যে, ঐ সকল আবরণের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের দরুন কোন ব্যক্তির প্রাণহানী ঘটিবার কিংবা আগুন লাগিবার সম্ভাবনা দেখা দেয়, তখন যাহাতে যন্ত্রপাতির সহিত তড়িৎ-প্রবাহের সংযোগ সুনিশ্চিতভাবে বিচ্ছিন্ন করিয়া দিয়া বর্তনীর ফিউজ-তার পুড়িয়া যাইতে কিংবা সারকিট ব্রেকার খুলিয়া পড়িতে পারে সেইরূপ কোন বন্দোবস্ত থাকা একান্ত আবশ্যক। এই প্রকার বন্দোবস্তকেই "যন্ত্রপাতির আর্থিং করা" বলে (earthing of any electric apparatus is to ensure "effective operation" of the protective gear in the event of leakage through such metal work, the potential of which with respect to neighbouring objects may attain a value which would cause danger to life or risk of fire)।

আর্থিং সন্তোষজনক হইয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষা করিবার উপায় এবং আর্থিং রেজিস্ট্যান্সের মান কত হওয়া উচিত সেই সম্বন্ধে ইতিপূর্বেই বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

নবম পরিচ্ছেদ

অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের বণ্টন ব্যবস্থা

(D. C. Distribution System)

বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদন এবং বণ্টনের কাজে বর্তমানে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ ব্যবহার করা হইয়া থাকে। পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ ব্যবহারের একটি বড় সুবিধা এই যে, ট্র্যান্সফরমারের সাহায্যে লাইনের তড়িৎ-চাপ প্রয়োজনমত বাড়ানো অথবা কমানো চলে; কিন্তু অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের তড়িৎ-চাপ এত সহজে বাড়াইবার বা কমাইবার মত কোন যন্ত্র এখন পর্যন্ত আবিষ্কৃত হয় নাই। তাই উৎপাদন কেন্দ্র হইতে অনেক দূরে অবস্থিত কোন জায়গায় অনুবর্তী প্রবাহের সাহায্যে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে গেলে আর্থিক দিক দিয়া তাহা কখনই সুবিধাজনক হয় না। বিদ্যুৎ উৎপাদন, এক স্থান হইতে অন্য স্থানে প্রেরণ এবং বণ্টনের কাজে আজকাল যে পদ্ধতি অবলম্বন করা হয় তাহা এইরূপ :—

সাধারণতঃ সহর কিংবা শিল্পাঞ্চলের নিকট একটি বিরাট আকারের উৎপাদন কেন্দ্র নির্মাণ করিয়া সেখানে উচ্চ চাপে পরিবর্তী বৈদ্যুতিক শক্তি প্রচুর পরিমাণে উৎপন্ন করা হয়। পরে সেই শক্তি উচ্চ অথবা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপে উপযুক্ত ট্র্যান্সমিশন লাইনের (transmission lines) সাহায্যে নিকটে এবং দূরের নানাস্থানে পাঠানো হইয়া থাকে। বণ্টনের সময় কিন্তু আবার এই চাপকে কমাইয়া লোড-সারকিটের উপযোগী করিতে হয়। তখন গ্রাহকের চাহিদা অনুযায়ী লাইনের ভোল্টেজ কোথায়ও উচ্চ, কোথায়ও মধ্যম, কোথায়ও বা নিম্ন চাপে রাখা থাকে।

কিন্তু লোড-সারকিট যে সর্বত্রই এ. সি. দ্বারা পরিচালিত হইবে, এমন কোন কথা নাই। ব্যাটারি চার্জ করা, তড়িৎ-বিশ্লেষণ (electrolysis) প্রভৃতি কাজে কেবলমাত্র অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ ব্যবহার করা চলে। তাহা ছাড়া এমন অনেক যন্ত্রপাতি আছে যাহাদের পরিচালনার জন্য এ. সি. মোটর অপেক্ষা ডি. সি. মোটর ব্যবহার করাই বেশী সুবিধাজনক। এই সকল কাজের জন্য যেখানে ডি. সি. সরবরাহের প্রয়োজন হয়, সেখানেও কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রে অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ উৎপাদনের পরিবর্তে পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ উৎপাদন করিয়া পরে সেই প্রবাহকে রোটারি কনভারটার, মারকিউরি আর্ক রেক্টিফায়ার প্রভৃতির সাহায্যে অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহে রূপান্তরিত করা হয়। ইহার প্রধান কারণ জেনারেটারের সাহায্যে ডি. সি. উৎপাদন করিতে যত খরচ পড়ে, এ. সি. শক্তিকে ডি. সি. শক্তিতে রূপান্তরিত করিতে খরচ পড়ে তাহা অপেক্ষা অনেক কম।

লাইনের ভোল্টেজ যত বেশী হয়, তত বেশী সরু তার দিয়া লাইন টানা যায়। কিন্তু গৃহস্থালির কাজের পক্ষে উচ্চ অথবা মাঝারি চাপ অনেক সময় বিপদের কারণ হইয়া দাঁড়ায়। সেইজন্য বাড়ী বাড়ী বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার সময় সাধারণতঃ নিম্নচাপের লাইন

হইতেই ঐ সরবরাহ দেওয়া হইয়া থাকে। তবে পাম্প, লিফট্ প্রভৃতি পরিচালনার জন্য বেশী শক্তির প্রয়োজন হইলে ঐ সকল কাজে মাঝারি চাপের উপযোগী মোটরও ব্যবহার করা হয়। অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের ক্ষেত্রে আমাদের দেশে বাতি, পাখা প্রভৃতি পরিচালনার জন্য লাইনের তড়িৎ-চাপ সাধারণতঃ ২২০ অথবা ২২৫ ভোল্টে রাখা থাকে। সহরের ট্রাম-গাড়ী অথবা ট্রলি বাস চলে ৬০০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপে, আর বৈদ্যুতিক ট্রেনের জন্য অধিকাংশ স্থলে ব্যবহার করা হয় ৩০০০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ।

৯-১। বিদ্যুৎ বণ্টনের জন্য ব্যবহৃত পরিবাহী (Feeders for the Distribution System)

অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ বণ্টন করিবার জন্য যে-সকল পরিবাহী ব্যবহার করা হয়, তাহাদের আয়তন নির্ণয় করিবার সময় চারিটি বিষয়ে লক্ষ্য রাখা দরকার :—

১। পরিবাহীর আয়তন এমন হওয়া চাই যাহাতে উহা অতিরিক্ত গরম না হইয়া লোডের জন্য নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ অনবরত বহন করিতে পারে। বিশেষতঃ ঘরের ভিতরে কিংবা কারখানায় যদি এমন পদার্থ রাখা থাকে যাহা খুব সহজে জ্বলিয়া ওঠে, তবে ঐ সকল জায়গায় ওয়্যারিং করিবার সময় এই বিষয়ে সচেতন হওয়া একান্ত আবশ্যক।

২। লোড-সার্কিটে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার সময় পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপের পতন যেন নির্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা বেশী না হয়। তড়িৎ-চাপের পতন বেশী হইলে কোন লোডই ঠিকমত কাজ করিতে পারে না; বিশেষতঃ বাতিগুলি তখন খুবই কম জোরে জ্বলিতে থাকে। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫৪নং নিয়ম অনুযায়ী লাইনে তড়িৎ-চাপের পতন মাঝারি ও নিম্ন তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে ঘোষিত তড়িৎ-চাপের শতকরা ছয়ভাগ অপেক্ষা বেশী হওয়া চলিবে না।

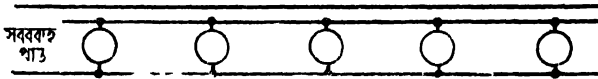
৩। ব্যবহারের পক্ষে পরিবাহী যথেষ্ট মজবুত হওয়া প্রয়োজন। খোলা জায়গায় পোলের উপর দিয়া যে তার টানা হয়, বাতাসের চাপে কিংবা ঝড় বৃষ্টিতে তাহা যাহাতে সহজে ছিঁড়িয়া না যায় সেইভাবে শক্ত করিয়া তৈরী করা দরকার।

৪। বণ্টন ব্যবস্থার পরিকল্পনা তৈরী করিবার সময় খরচের দিক অবশ্যই বিবেচনা করিতে হয়। মোটা তার ব্যবহার করিলে খরচ বেশী পড়ে বটে, তবে ইহাতে আবার তড়িৎ-শক্তির অপচয়ও কম ঘটে। সেইজন্য তারের আয়তন এমন হওয়া চাই যাহাতে লাইন টানিবার জন্য মোট যত টাকা খরচ হয় তাহার সুদ এবং লাইনে যতটা শক্তির অপচয় ঘটে তাহার দাম একত্র করিলে সেই টাকার পরিমাণ সর্বাপেক্ষা কম হয়। কিন্তু উপরের প্রথম তিনটি সর্ত পূরণ করিবার সময় অনেক ক্ষেত্রেই আবার এই হিসাবের কিছুটা পরিবর্তন করিবার প্রয়োজন দেখা দেয়।

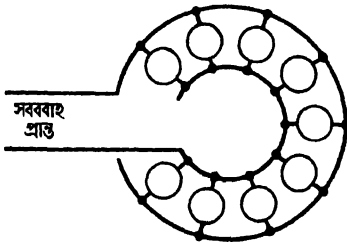
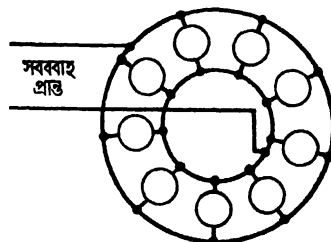
৯-২। সরবরাহ ব্যবস্থার বিভিন্ন পদ্ধতি (Different Systems of Feeding)

সরবরাহ লাইনের এক বা একাধিক স্থানে লোডগুলি কেন্দ্রীভূত অবস্থায় থাকিতে পারে, আবার লাইনের সকল অংশেই লোডগুলিকে সমান অথবা অসমানভাবে সংযুক্ত

রাখা চলে। অনেক ক্ষেত্রে পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ এক প্রান্ত হইতে অন্য প্রান্ত পর্যন্ত সমান থাকে। লাইন যেখানে কম লম্বা আর তড়িৎ-চাপের পতন যেখানে খুব কম, কেবলমাত্র সেইখানেই এই ধরনের পরিবাহী ব্যবহার করা যায়। পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ যদি মোটা হইতে ক্রমশঃ সমানভাবে সরু হইয়া আসে (uniformly tapered), তবে তড়িৎ-চাপের পতন অপরিবর্তিত থাকিলেও সেই পরিবাহীর সাহায্যে লাইন টানিতে সর্বাপেক্ষা কম খরচ পড়ে। কিন্তু কার্যক্ষেত্রে এই ধরনের কোন পরিবাহী তৈরী করা সম্ভব নহে। তাই সাধারণতঃ লাইনের যে অংশ দিয়া বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হয় সেই অংশে মোটা তার, আর কারেণ্টের পরিমাণ যেখানে কম সেখানে অপেক্ষাকৃত সরু তার ব্যবহার করা হয়।

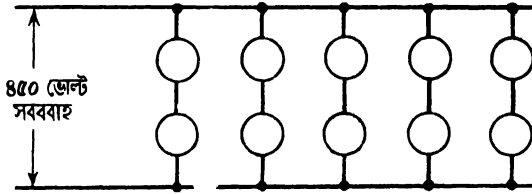
প্রত্যেকটি লোডের প্রান্তে তড়িৎ-চাপ সমান রাখিবার জন্য অনেক সময় বেশী মোটা তারের পরিবর্তে 'রিটার্ণ লুপ' (return loop) অথবা 'অ্যান্টি প্যার‍্যালেল' (anti-parallel) পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। ইহাতে লাইনের একটি তার লোডের একদিকের প্রান্তে আর অন্য একটি তার অন্যদিকের প্রান্তে সংযুক্ত করা থাকে (১৮০নং চিত্র)। এইরূপ সংযোগের ফলে প্রত্যেকটি লোড সমান ভোল্টেজে পরিচালিত

রিটার্ণ লুপ অথবা অ্যান্টি-প্যারালেল পদ্ধতি
১৮০নং চিত্র

হইলেও পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপের পতন (voltage drop) কিন্তু খুব বেশী হইতে পারে। তাহা ছাড়া রিটার্ণ লুপের জন্য অতিরিক্ত তারের প্রয়োজন হয় বলিয়া খরচও বেশী পড়ে। তাই এই পদ্ধতির বিশেষ প্রচলন নাই।

১৮১(ক)নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে সেইভাবে লোড-সার্কিটে সরবরাহ দিলে 'রিটার্ণ লুপ' ব্যবহারের অসুবিধা অনেকাংশে দূর করা যায়। ইংরাজিতে ইহাকে 'ওপন্-স্পাইর‍্যাল' (open-spiral) পদ্ধতি বলে। সরবরাহ ব্যবস্থা শাঁকের মত

(ক) ওপন্ স্পাইর‍্যাল পদ্ধতি (খ) বদ্ধ-লুপ পদ্ধতি
১৮১নং চিত্র

পেঁচাল বলিয়াই ইহার এইরূপ নাম দেওয়া হইয়াছে। সিনেমা অথবা রঙ্গালয়ে দর্শকদের বসিবার স্থানের বাতিগুলি সাধারণতঃ একত্রে জ্বালানো অথবা একত্রে নিভানো হয়।

তাই ঐ সকল বাতির জন্য এই সরবরাহ ব্যবস্থা অতিশয় উপযোগী। অনেক সময় স্পাইর‍্যাল পদ্ধতির খোলা মুখ বন্ধ করিয়া দিয়া 'বন্ধ-লুপ' (closed-loop) পদ্ধতির সাহায্যেও বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া যায়। ইহা ১৮১(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

(১) সিরিজ-প্যার‍্যালেল পদ্ধতি (Series-Parallel System)

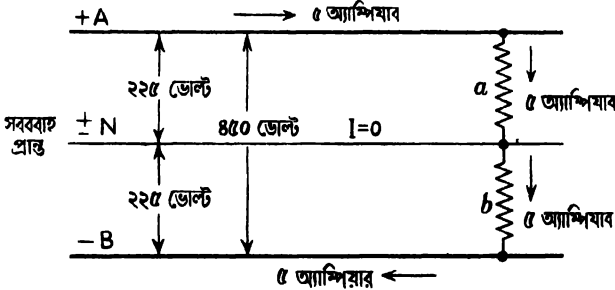
সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ যদি দ্বিগুণ করা যায়, তবে একই বৈদ্যুতিক শক্তির জন্য লাইন দিয়া অর্ধেক পরিমাণ কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে থাকে। ইহাতে অপেক্ষাকৃত সরু তার দিয়া লাইন টানা যায়, আর তখন তারের ওজন পূর্বেকার ওজনের তুলনায় চারি ভাগের একভাগ মত হয়। ২২৫-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী দুইটি দুইটি বাতি সিরিজে সংযুক্ত করিয়া যদি ৪৫০-ভোল্ট লাইনে ব্যবহার করা হয়, তবে ২২৫-ভোল্ট লাইনের জন্য যত মোটা তারের প্রয়োজন হয়, ৪৫০-ভোল্ট লাইনের তার তাহার প্রায় অর্ধেকের সমান মোটা রাখিলেই চলে। কিন্তু বাতি এইভাবে সংযুক্ত থাকিলে কতকগুলি অসুবিধাও আবাব দেখা দেয়। যে দুইটি বাতি সিরিজে সংযুক্ত থাকে, তাহাদের একই সঙ্গে জ্বালাইতে অথবা নিভাইতে হয়, একটি বাতি পুড়িয়া কিংবা নষ্ট হইয়া গেলে অন্যটি জ্বলিতে পাবে না, আর সর্বোপরি বাতি দুইটি

সিরিজ-প্যার‍্যালেল পদ্ধতিতে বাতির সংযোগ
১৮২নং চিত্র

যাহাতে তাহাদেব ক্ষমতা অনুযায়ী ঠিকমত আলো দিতে পারে সেইজন্য প্রত্যেকটি বাতি একই ভোল্টেজ আর একই কারেণ্টের পক্ষে উপযোগী হওয়া চাই। এই সকল অসুবিধার জন্যই লোড-সারকিটে সিরিজ-প্যারাল্যালেল পদ্ধতি সাধারণতঃ ব্যবহার করা হয় না।

(২) তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থা (Three-Wire Supply System)

লোড সিরিজ-প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত থাকিলে যে-সকল অসুবিধা দেখা দেয়, লাইনের পজিটিভ ও নেগেটিভ তারের মধ্য দিয়া তৃতীয় একটি তার টানিয়া সরবরাহ দিলে তাহা আর থাকে না। এই তৃতীয় তারটিকে 'নিউট্রাল তার' (neutral wire) বলে, আর পজিটিভ ও নেগেটিভ তারকে তখন বলা হয় 'লাইভ লাইন' (live line)। নিউট্রাল তারের তড়িৎ-বিভব (potential) শূন্য হয় বলিয়া উৎপাদন কেন্দ্রে এই তার সাধারণতঃ মাটির সহিত সংযুক্ত করা থাকে। ইহার সাহায্যে ৪৫০-ভোল্ট লাইনে প্রায় প্রত্যেকটি বাতি ২২৫-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে জ্বলিতে পারে।

যদি নিউট্রাল তারের প্রস্থচ্ছেদ লাইভ লাইনের সমান রাখা হয়, তবে ২২৫-ভোল্ট লাইনের তুলনায় ৪৫০-ভোল্ট লাইনে তারের ওজন শতকরা প্রায় ৬২½ ভাগ কম থাকে। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই এই তারের প্রস্থচ্ছেদ পজিটিভ অথবা নেগেটিভ লাইনের তুলনায় অনেক কম রাখা হয়।

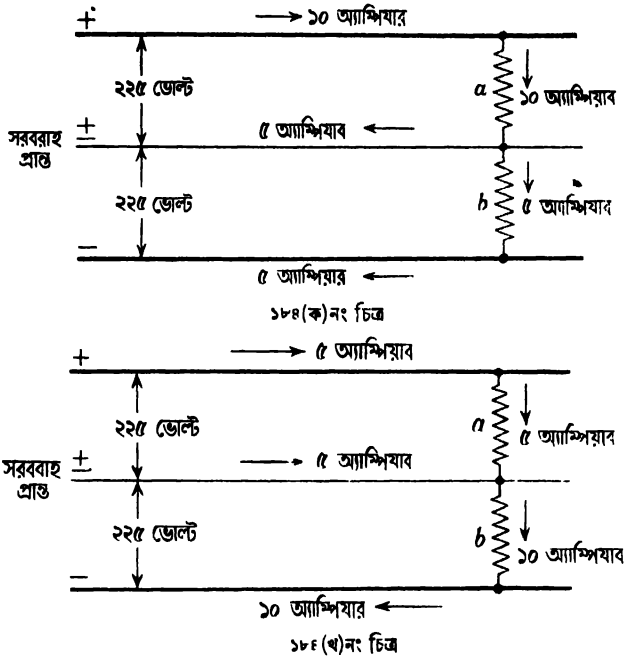
সাধারণতঃ অর্ধেক সংখ্যক বাতি পজিটিভ আর নিউট্রাল এবং বাকী অর্ধেক নেগেটিভ আর নিউট্রালের মধ্যে সংযুক্ত থাকে। ইহা ১৮৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। চিত্রে পজিটিভ লাইন A-দ্বারা, নেগেটিভ লাইন B-দ্বারা এবং নিউট্রাল লাইন N-দ্বারা চিহ্নিত আছে। A এবং B লাইন দুইটির মধ্যে যখন ৪৫০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপ কাজ করে, তখন তাহাদের যে-কোন একটি এবং নিউট্রালের মধ্যে ২২৫-ভোল্ট তড়িৎ-চাপ পাওয়া যায়। পজিটিভ লাইনের সহিত তুলনা করিলে N নেগেটিভ লাইন হিসাবে কাজ করে, আর নেগেটিভ লাইনের সহিত তুলনা করিলে উহা পজিটিভ লাইন হিসাবে কাজ করে; অর্থাৎ লাইন দিয়া কারেন্ট A হইতে N অভিমুখে আর N হইতে B অভিমুখে প্রবাহিত হয়। এই ব্যবস্থার আরও একটি সুবিধা এই যে,

তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থা: নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে সমপরিমাণ লোড সংযুক্ত আছে

১৮৩নং চিত্র

দুই রকম ভোল্টেজের সাহায্যে লোড-সারকিটে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া চলে। সাধারণতঃ বাতি, পাখা এবং অন্যান্য গৃহস্থালির আসবাব ২২৫-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে আর মোটরগুলি ৪৫০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে পরিচালিত হইয়া থাকে।

১৮৩নং চিত্রে নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে সমপরিমাণ লোড দেখানো হইয়াছে। পজিটিভ লাইন ও নিউট্রালের মধ্যে a-দ্বারা চিহ্নিত লোড আর নেগেটিভ লাইন ও নিউট্রালের মধ্যে b-দ্বারা চিহ্নিত লোড সংযুক্ত আছে এবং উভয় লোডই ৫ অ্যাম্পিয়ার করিয়া কারেন্ট লইতেছে। সরবরাহ প্রান্ত হইতে প্রথমে ৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট পজিটিভ লাইন দিয়া প্রবাহিত হইয়া লোড-সারকিটে যাইতেছে, পরে সেখান হইতে নেগেটিভ লাইন দিয়া পুনরায় সরবরাহ প্রান্তে ফিরিয়া আসিতেছে। এই অবস্থায় নিউট্রাল দিয়া কোন কারেন্ট প্রবাহিত হইবে না।

কিন্তু নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে যদি অসমান লোড থাকে, তবে ঐ লাইন দিয়াও কারেন্ট প্রবাহিত হইবে। ইহা ১৮৪(ক) ও ১৮৪(খ)নং চিত্র দুইটিতে দেখানো হইয়াছে। ১৮৪(ক)নং চিত্রে a-দ্বারা চিহ্নিত লোড ১০ অ্যাম্পিয়ার আর b-দ্বারা চিহ্নিত লোড ৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতেছে। সুতরাং সরবরাহ প্রান্ত হইতে পজিটিভ লাইন দিয়া ১০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লোডের দিকে যাইতেছে, আর নেগেটিভ লাইন দিয়া ৫ অ্যাম্পিয়ার ও নিউট্রাল লাইন দিয়া বাকী ৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ প্রান্তে ফিরিয়া আসিতেছে। কিন্তু যখন পজিটিভ দিকের লোড

১৮৪(ক)নং চিত্র

১৮৪(খ)নং চিত্র

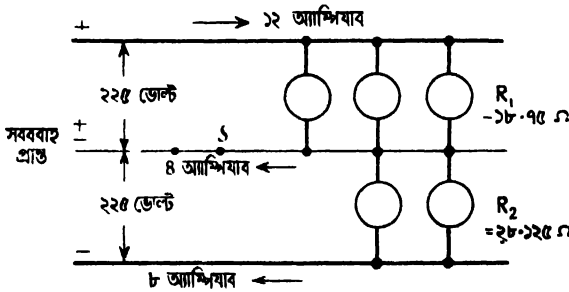
৫ অ্যাম্পিয়ার আর নেগেটিভ দিকের লোড ১০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, তখন ঠিক ইহার বিপরীত অবস্থা দেখা দেয়। এই অবস্থা ১৮৪(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এখানে পজিটিভ আর নিউট্রাল লাইন দিয়া ৫ অ্যাম্পিয়ার করিয়া কারেন্ট সরবরাহ প্রান্ত হইতে লোডের দিকে যাইতেছে, আর নেগেটিভ লাইন দিয়া ১০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট পুনরায় সরবরাহ প্রান্তে ফিরিয়া আসিতেছে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, লোডের পরিমাণ অসমান থাকিলে নিউট্রাল দিয়া কারেন্ট যে-কোন দিকেই প্রবাহিত হইতে পারে। সেইজন্য নিউট্রাল লাইনে কোন অ্যাম্মিটার সংযুক্ত করিতে হইলে ঐ মিটারে শূন্য-সংখ্যা স্কেলের ঠিক মধ্যস্থলে থাকা দরকার। সরবরাহ প্রান্ত হইতে কারেন্ট লোডের দিকে যাইবার সময় মিটারের কাঁটা শূন্যের একদিকে আর লোড হইতে কারেন্ট সরবরাহ প্রান্তের দিকে ফিরিয়া আসিবার সময় মিটারের

কাঁটা শূন্যের আর একদিকে নির্দেশ করিবে। পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের তড়িৎ-প্রবাহের মধ্যে যে-পার্থক্য থাকে তাহাই নিউট্রাল লাইন দিয়া প্রবাহিত হয় বলিয়া শেষোক্ত লাইনকে খুব সামান্য কারেণ্টই বহন করিতে হয়। সেইজন্য লাইভ লাইনের তুলনায় এই লাইনের তারের প্রস্থচ্ছেদ অনেক কম রাখিলেই চলে, অনেক সময় এই প্রস্থচ্ছেদ প্রায় অর্ধেক রাখা থাকে।

নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ যাহাতে সমান থাকে, বিদ্যুৎ বণ্টনের সময় সাধারণতঃ সেই চেষ্টাই করা হয়। তবে অনেক সময় একদিকে কিছুটা বেশী লোড সংযুক্ত করা একান্তই অপরিহার্য হইয়া ওঠে। তখন বণ্টন ব্যবস্থা বড় হইলে লোডের এই অসমতা শতকরা ১০ ভাগ আর ছোট ছোট বণ্টন ব্যবস্থায় তাহা শতকরা ২৫ ভাগ পর্যন্ত রাখা যায়।

সরবরাহ প্রান্তের সহিত নিউট্রাল তারের সংযোগ বজায় রাখা প্রয়োজন কেন

বণ্টন ব্যবস্থার কোথায়ও নিউট্রাল তারের সংযোগ যাহাতে খোলা না থাকে সেই বিষয়ে লক্ষ্য রাখা অতিশয় প্রয়োজন। নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ যদি অসমান থাকে, তবে ঐ লাইনের সংযোগ খুলিয়া যাইবার সঙ্গে সঙ্গে যে-দিকে লোড বেশী থাকিবে সেই দিকের তড়িৎ-চাপ অনেকখানি কমিয়া যাইবে, আর একই সঙ্গে অন্যদিকের তড়িৎ-চাপ উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বৃদ্ধি পাইবে। ইহাতে একদিকের লোড তড়িৎ-চাপ কম হওয়ার জন্য যেমন ঠিকমত কাজ করিবে না, অন্যদিকের লোড তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য তেমনি পুড়িয়া বা নষ্ট হইয়া যাইবে। নিম্নে একটি উদাহরণের সাহায্যে লোড-সারকিটের এই অবস্থা বুঝানো হইল :—

মনে কর, একটি তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে কতকগুলি করিয়া বাতি সংযুক্ত আছে। ইহা ১৮৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। পজিটিভ লাইন

১৮৫ নং চিত্র

আর নিউট্রালের মধ্যে ৩টি বাতি সংযুক্ত আছে এবং প্রত্যেকটি বাতি ৪ অ্যাম্পিয়ার হিসাবে ১২ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট লইতেছে। সেইরূপ, নেগেটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে ২টি বাতি সংযুক্ত থাকার জন্য নেগেটিভ লাইন দিয়া ৮ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট প্রবাহিত

হইতেছে। যদি প্রত্যেকটি বাতি ২২৫ ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী হয়, তবে পজিটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে সংযুক্ত লোডের সমবেত রেজিস্ট্যান্স

$$R_1 = \frac{২২৫}{১২} = ১৮\cdot৭৫ \text{ ওম}$$

হইবে। সেইরূপ, নেগেটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে সংযুক্ত লোডের সমবেত রেজিস্ট্যান্স

$$R_2 = \frac{২২৫}{৮} = ২৮\cdot১২৫ \text{ ওম}$$

হইবে। এখন সরবরাহ ব্যবস্থার S দ্বারা চিহ্নিত অংশে যদি নিউট্রাল তারটি খুলিয়া যায়, তবে R_1 ও R_2 সিরিজে সংযুক্ত হইবে এবং তাহাদের মধ্য দিয়া একই কারেন্ট প্রবাহিত হইবে। তখন পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে মোট রেজিস্ট্যান্স

$$R = R_1 + R_2 = ১৮\cdot৭৫ + ২৮\cdot১২৫ = ৪৬\cdot৮৭৫ \text{ ওম}$$

থাকিবে, এবং ঐ রেজিস্ট্যান্সের দুই প্রান্তের মধ্যে ৪৫০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ (V) কাজ করিবে। অতএব লাইনের কারেন্ট

$$I = \frac{V}{R} = \frac{৪৫০}{৪৬\cdot৮৭৫} = ৯\cdot৬ \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। এই অবস্থায় R_1-এর টার্মিন্যালে তড়িৎ-চাপ

$$V_1 = IR_1 = ৯\cdot৬ \times ১৮\cdot৭৫ = ১৮০ \text{ ভোল্ট}$$

আর R_2-এর টার্মিন্যালে তড়িৎ-চাপ

$$V_2 = IR_2 = ৯\cdot৬ \times ২৮\cdot১২৫ = ২৭০ \text{ ভোল্ট}$$

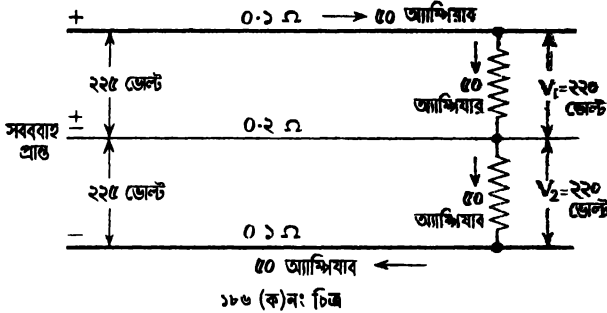
হইবে। সুতরাং পজিটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে সংযুক্ত বাতিগুলি অপেক্ষাকৃত কম ভোল্টেজে জ্বলিবে এবং তাহাদের আলোর পরিমাণও অনেকখানি কমিয়া যাইবে। অন্যদিকে নেগেটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে তড়িৎ-চাপ উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য দুই লাইনের মধ্যে সংযুক্ত বাতিগুলির খুব শীঘ্রই পুড়িয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দিবে। এই কারণেই তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল লাইনকে সর্বদা ভূমির সহিত সংযুক্ত করিয়া রাখা হয়, আর যেখানে সারকিট ব্রেকার ব্যবহার করা হয়, সেখানেও নিউট্রাল লাইন সারকিট ব্রেকারের কনট্যাক্টের সহিত যুক্ত না থাকিয়া সরাসরি নিউট্রাল বাস-বারের সহিত সংযুক্ত থাকে। এমন কি বাড়ীর ওয়্যারিং করিবার সময়ও আজকাল নিউট্রাল লাইনে কোন ফিউজ-তার ব্যবহার করা হয় না।

নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে ভোল্টেজ অসমান হয় কেন

তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ সমান না থাকিলে তড়িৎ-চাপের মধ্যেও অনেকখানি পার্থক্য দেখা দিতে পারে। ইহা ১৮৬(ক) এবং ১৮৬(খ)নং চিত্র দুইটির সাহায্যে বুঝানো হইয়াছে। ১৮৬(ক)নং চিত্রে নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বেই ৫০ অ্যাম্পিয়ার করিয়া কারেন্ট প্রবাহিত হইতেছে

এইরূপ দেখানো হইয়াছে। এখানে পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের প্রত্যেকটির রেজিস্ট্যান্স ০·১ ওম, নিউট্রাল লাইনের রেজিস্ট্যান্স ০·২ ওম এবং সরবরাহ-প্রান্তে পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে তড়িৎ-চাপ ৪৫০-ভোল্ট আছে। যেহেতু উভয় পার্শ্বে সমপরিমাণ লোড সংযুক্ত আছে, অতএব এই অবস্থায় নিউট্রাল তার দিয়া কোন কারেন্ট প্রবাহিত হইবে না এবং ঐ তারে কোন তড়িৎ-বিভবের পতনও ঘটিবে না। সুতরাং লাইভ লাইনের প্রত্যেকটিতে তড়িৎ-চাপের পতন

$$e = ৫০ \times ০·১ = ৫ \text{ ভোল্ট}$$

করিয়া হইবে, আর প্রত্যেকটি লোড-সারকিটের প্রান্তে ২২০ ভোল্ট করিয়া তড়িৎ-চাপ পাওয়া যাইবে।

১৮৬ (ক)নং চিত্র

এখন মনে কর, ১৮৬(খ)নং চিত্র অনুযায়ী নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ অসমান রাখা হইল। ইহাতে পজিটিভ লাইনের দিকে ১৫০ অ্যাম্পিয়ার আর নেগেটিভ লাইনের দিকে ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হইবে। সুতরাং পজিটিভ লাইনে তড়িৎ-চাপের পতন

$$e_1 = ১৫০ \times ০·১ = ১৫ \text{ ভোল্ট}$$

আর নিউট্রাল লাইনে তড়িৎ-চাপের পতন

$$e_0 = ১০০ \times ০·২ = ২০ \text{ ভোল্ট}$$

হইবে, এবং পজিটিভ লাইনের দিকে লোডের প্রান্তে তড়িৎ-চাপ

$$V_1 = ২২৫ - ১৫ - ২০ = ১৯০ \text{ ভোল্ট}$$

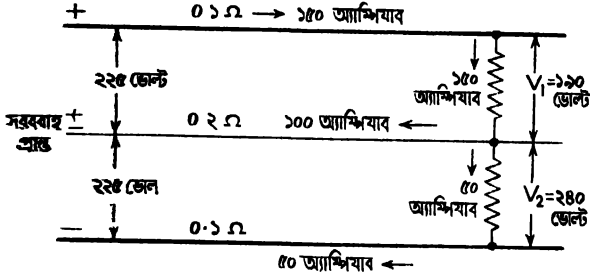
পাওয়া যাইবে। সেইরূপ, নেগেটিভ লাইনে তড়িৎ-চাপের পতন

$$e_2 = ৫০ \times ০·১ = ৫ \text{ ভোল্ট}$$

হইবে, আর এই লাইনের দিকে লোডের প্রান্তে তড়িৎ-চাপ

$$V_2 = ২২৫ - ৫ + ২০ = ২৪০ \text{ ভোল্ট}$$

পাওয়া যাইবে। অতএব এই অবস্থায় নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপের মধ্যে ৫০ ভোল্ট পার্থক্য থাকিবে, আর নেগেটিভ লাইনের দিকে সরবরাহ প্রান্ত অপেক্ষা লোডের প্রান্তে তড়িৎ-চাপ বেশী হইবে। নিউট্রাল লাইনে তড়িৎ-চাপের পতন যে অভিমুখে থাকে তাহাতেই নেগেটিভ লাইনের দিকে সরবরাহ প্রান্ত অপেক্ষা লোডের

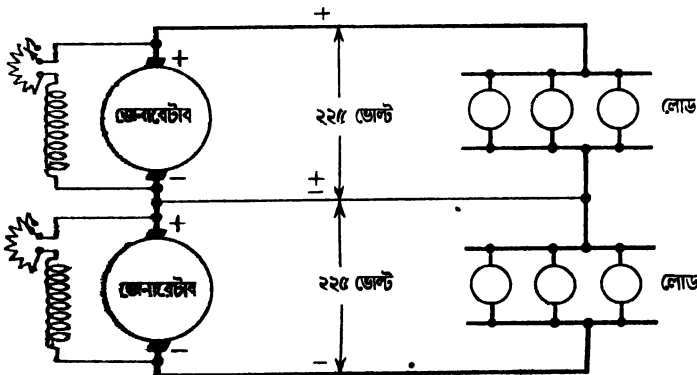
প্রান্তে তড়িৎ-চাপ বেশী হইয়া দাঁড়ায়। এই কারণেই তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় অধিক ক্ষমতা সম্পন্ন মোটরগুলি সাধারণতঃ পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে সংযুক্ত করা থাকে। প্রকৃতপক্ষে মোটরের ক্ষমতা তিন বা চার অশ্বশক্তি অপেক্ষা

১৮৬(খ)নং চিত্র

বেশী হইলেই অনেক সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠান ঐ মোটরকে আর লাইভ লাইন এবং নিউট্রালের মধ্যে সংযুক্ত করিবার অনুমতি দেন না।

৯-৩। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন (Methods of Obtaining Three-Wire System)

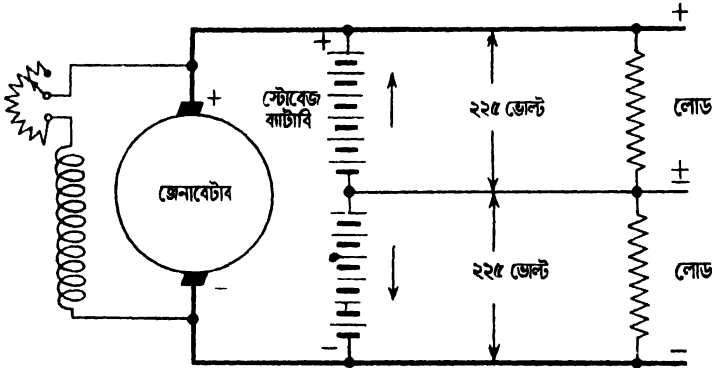
তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল লাইন বাহির করিবার জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন করা হইয়া থাকে। এই সকল পদ্ধতি নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল :—

(১) দুইটি আলাদা জেনারেটার ব্যবহার করা (Two-Generator Method)

দুইটি আলাদা শান্ট জেনারেটারকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া তিন-তারের লাইনে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া চলে। ইহা ১৮৭নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই ব্যবস্থায় একটি জেনারেটারের পজিটিভ প্রান্ত অন্যটির নেগেটিভ প্রান্তের সহিত সংযুক্ত থাকে, আর সেই সংযোগ-বিন্দু হইতেই নিউট্রাল লাইন বাহির করা হয়। জেনারেটার দুইটির

দুইটি আলাদা জেনারেটারের সাহায্যে তিন-তারে সরবরাহ দেওয়া
১৮৭নং চিত্র

যে খোলা প্রান্ত পজিটিভ হয় তাহা হইতে পজিটিভ লাইন আর যে খোলা প্রান্ত নেগেটিভ হয় তাহা হইতে নেগেটিভ লাইন বাহির হইয়া আসে। প্রত্যেকটি জেনারেটার কেবলমাত্র নিজের নিজের লাইনেই বিদ্যুৎ সরবরাহ করিয়া থাকে। যদিও এক্ষেত্রে উভয় জেনারেটারকে একই প্রাইম মুভারের সাহায্যে পরিচালনা করা চলে, কিন্তু দুইটি জেনারেটারের প্রয়োজন হয় বলিয়া এই ধরনের সরবরাহ ব্যবস্থার বিশেষ প্রচলন নাই।

(২) স্টোরেজ ব্যাটারি ব্যবহার করা (Use of Storage Battery)

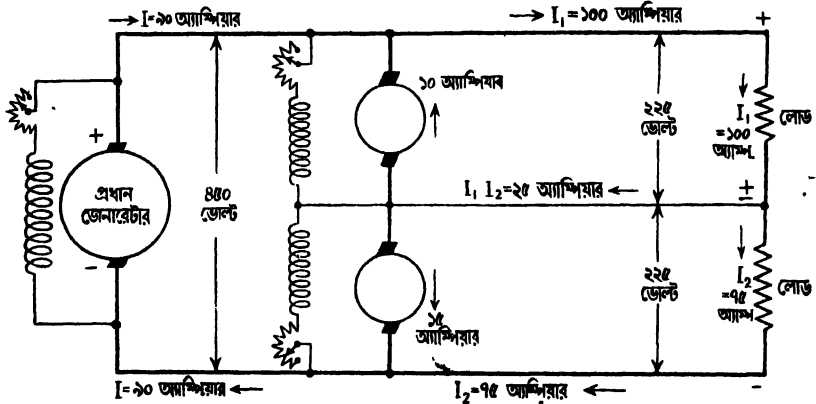
লাইনের সরবরাহ-প্রান্তে জেনারেটারের দুই টার্মিন্যালের মধ্যে স্টোরেজ ব্যাটারি সংযুক্ত করিয়া নিউট্রাল লাইন বাহির করা চলে। জেনারেটার, ব্যাটারি এবং লোডের এইরূপ সংযোগ ১৮৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। জেনারেটারের দুই প্রান্ত হইতে পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইন বাহির হয়, আর ব্যাটারির ঠিক মধ্যবিন্দু হইতে নিউট্রাল লাইন বাহির করা থাকে। যখন নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ অসমান

তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় স্টোরেজ ব্যাটারির সাহায্যে নিউট্রাল লাইন বাহির করা
১৮৮নং চিত্র

থাকে, তখন লাইনের যে দিকে লোড বেশী হয় ব্যাটারির সেই দিকের অংশ হইতে তড়িৎ-প্রবাহ লাইনে যায় এবং ঐ অংশকে 'ডিসচার্জ' (discharge) করে, আর একই সময়ে নিউট্রালের অন্য পার্শ্বে লোড কম হওয়ার জন্য সরবরাহ লাইন হইতে তড়িৎ-প্রবাহ ব্যাটারির দ্বিতীয় অংশে প্রবেশ করিয়া সেই অংশকে 'চার্জ' (charge) করে। সুতরাং ব্যাটারির দুই অংশে তখন দুই বিপরীত অবস্থা দেখা দেয়,—এক অংশ ডিসচার্জ হওয়ার জন্য প্রান্তিক চাপ কমিতে থাকে, অন্য অংশ চার্জ হওয়ার জন্য প্রান্তিক চাপ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে। ফলে ব্যাটারির দুই অংশে তড়িৎ-চাপ অসমান হইয়া দাঁড়ায়। তাহা ছাড়া ব্যাটারির উভয় অংশের চার্জ সমান রাখা অতিশয় কষ্টসাধ্য আর স্টোরেজ ব্যাটারি রক্ষণাবেক্ষণ করা অতিশয় ব্যয়বহুল বলিয়া নিউট্রাল লাইন বাহির করিবার জন্য সচরাচর এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় না।

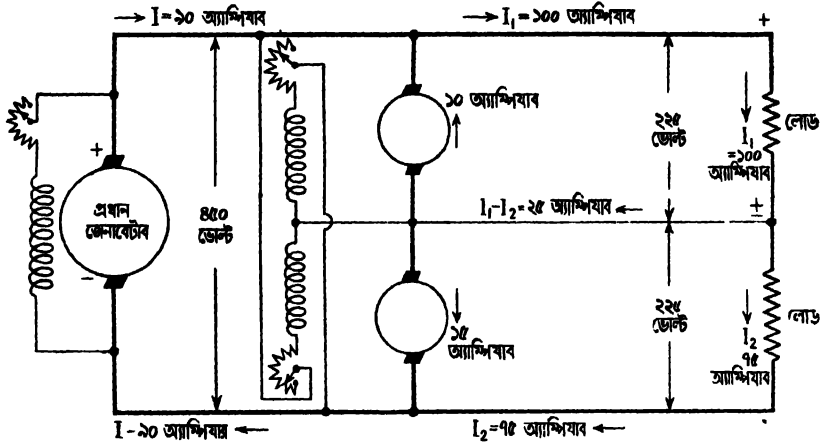
(৩) ব্যাল্যান্সার সেট ব্যবহার করা (Use of Balancer Set)

তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল তার বাহির করিবার জন্য সচরাচর ব্যাল্যান্সার সেট ব্যবহার করাই প্রচলিত নিয়ম। এই ব্যবস্থায় দুইটি সাণ্ট অথবা

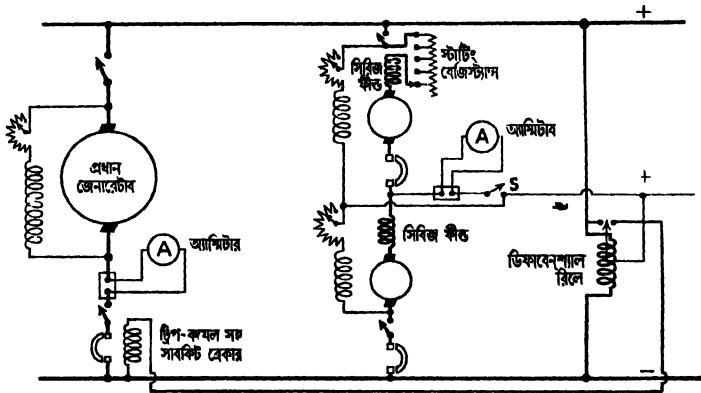
কম্পাউণ্ড ডাইনামো পরস্পরের সহিত সিরিজে যুক্ত হইয়া প্রধান জেনারেটারের দুই প্রান্ত হইতে যে দুইটি লাইভ লাইন বাহির হয় তাহাদের মধ্যে সংযুক্ত থাকে। উভয় ডাইনামোর সাধারণ প্রান্ত (common terminal) হইতে নিউট্রাল লাইন বাহির হইয়া আসে। ডাইনামো দুইটি যাহাতে একই গতিবেগে ঘুরিতে পারে সেইজন্য তাহাদের শাফ্‌ট পরস্পরের সহিত যান্ত্রিক উপায়ে আবদ্ধ করা থাকে। যখন নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ প্রায় সমান থাকে, তখন উভয় ডাইনামোই মোটর হিসাবে চলে। কিন্তু লোডের পরিমাণ অসমান হইলে যে দিকের লোড কম হয় সেই দিকের মেসিন মোটর হিসাবে চলিয়া অন্য মেসিনটিকে জেনারেটার হিসাবে ঘুরাইতে থাকে, আর সেই জেনারেটার তখন বেশী লোডের দিকে প্রধান জেনারেটারের সহিত একত্র হইয়া কারেণ্ট সরবরাহ করে। ব্যাল্যান্সারে শক্তির যে অপচয় ঘটে তাহার পরিমাণ খুব সামান্য হইলে উভয় মেসিনের আর্মেচার দিয়া সমান কারেণ্ট প্রবাহিত হয়। কিন্তু যখন এই অপচয়ের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, তখন জেনারেটার হিসাবে পরিচালিত মেসিনের গৃহীত শক্তির (input power) সমস্তটাই মোটরকে সরবরাহ করিতে হয় বলিয়া অপচয়ের পরিমাণ অনুযায়ী মোটর দিয়া বেশী কারেণ্ট আর জেনারেটার দিয়া অপেক্ষাকৃত কম কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে থাকে।

১৮৯(ক)নং চিত্রে প্রধান জেনারেটার এবং ব্যাল্যান্সার সেট হিসাবে ব্যবহৃত দুইটি সাণ্ট ডাইনামোর সহিত সরবরাহ লাইনের সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এখানে

তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় ব্যাল্যান্সার সেটের সাহায্যে নিউট্রাল তার বাহির করা
১৮৯(ক)নং চিত্র

নেগেটিভ লাইন অপেক্ষা পজিটিভ লাইনের দিকে অধিক লোড সংযুক্ত আছে, আর সেই কারণে নিউট্রাল লাইন দিয়া ২৫ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট প্রবাহিত হইতেছে। এই ২৫ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্টের মধ্যে ১৫ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট নেগেটিভ লাইনের দিকের ডাইনামো দিয়া প্রবাহিত হইয়া ঐ ডাইনামোকে মোটর হিসাবে ঘুরাইতেছে, আর একই সঙ্গে পজিটিভ লাইনের দিকের অন্য ডাইনামোটি মোটর দ্বারা পরিচালিত হইয়া

জেনারেটার হিসাবে ১০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট লোড-সারকিটে সরবরাহ করিতেছে। এইরূপ ব্যবস্থায় নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে লাইনের তড়িৎ-চাপ সমান আছে।

ব্যাল্যান্সার সেট হিসাবে ব্যবহৃত দুইটি ডাইনামোর ফীল্ড-কয়েল আড়াআড়িভাবে সংযুক্ত আছে
১৮৯(খ) নং চিত্র

যদি ডাইনামো দুইটির ফীল্ড-কয়েল পরস্পরের সহিত আড়াআড়িভাবে সংযুক্ত থাকে, তবে এই দুই মেসিন নিজের নিজের দিকের লোড অনুযায়ী মোটর কিংবা জেনারেটার হিসাবে আরও সহজে আর সঠিকভাবে পরিচালিত হইতে পারে। ফীল্ড-কয়েল আড়াআড়িভাবে সংযুক্ত করার অর্থ মোটরের ফীল্ড-কয়েল জেনারেটারের প্রান্তের দিকে আর জেনারেটারের ফীল্ড কয়েল মোটরের প্রান্তের দিকে সংযুক্ত করা। ইহা ১৮৯(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। একটি জেনারেটার যখন অতিরিক্ত কারেণ্ট সরবরাহ করে, তখন হয় উহার প্রান্তিক চাপ কমে অথবা উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপকে বৃদ্ধি করিতে হয়। সেইরূপ, একটি মোটরে যখন অতিরিক্ত লোড পড়ে, তখন হয় উহার প্রান্তিক চাপকে বৃদ্ধি করিতে হয় অথবা উহার আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ হ্রাস পায়। সুতরাং সরবরাহ ব্যবস্থায় পজিটিভ লাইনের দিকে যদি বেশী লোড থাকে (১৮৯নং চিত্র), তবে ঐ দিকের ডাইনামোর ফীল্ড-কারেণ্ট কমিয়া যাইবে, আর একই সঙ্গে নেগেটিভ লাইনের সহিত যুক্ত ডাইনামোর ফীল্ড-কারেণ্ট বৃদ্ধি পাইবে। নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপ সমান রাখিতে হইলে ফীল্ড-কারেণ্ট এইরূপ হওয়া মোটেই বাঞ্ছনীয় নহে। কিন্তু যদি জেনারেটারের ফীল্ড-কয়েল মোটরের দিকে সংযুক্ত থাকে, তবে এই সময় জেনারেটারের ফীল্ড-কারেণ্ট বৃদ্ধি পাইয়া উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপকে বৃদ্ধি করিবে, ফলে অতিরিক্ত কারেণ্ট সরবরাহ করার জন্য জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ বিশেষ কমিতে পারিবে না। অন্যদিকে আবার মোটরের ফীল্ড-কয়েল জেনারেটারের দিকে সংযুক্ত থাকায় ঐ মেসিনের ফীল্ড-কারেণ্ট আর সেই সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কিছুটা হ্রাস পাইবে, ফলে অতিরিক্ত লোড বহন করার জন্য মোটরের প্রান্তিক চাপে বিশেষ কোন পরিবর্তন দেখা দিবে না।

ফীল্ড-কয়েল আড়াআড়িভাবে সংযুক্ত থাকিলে মেসিন পরিচালনার সময় যে সুবিধা পাওয়া যায়, ডাইনামো দুইটির ফীল্ড-সারকিটে সাণ্ট কয়েলের সহিত একটি করিয়া সিরিজ কয়েল ব্যবহার করিলেও সেই একই সুবিধা পাওয়া যাইতে পারে। তখন ডাইনামো দুইটি কম্পাউণ্ড মেসিন হিসাবে কাজ করিবে। মেসিনের সিরিজ ফীল্ড এমনভাবে সংযুক্ত করিতে হইবে যাহাতে জেনারেটার কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মেসিন আর মোটর ডিফারেন্‌খ্যাল কম্পাউণ্ড মেসিন হিসাবে পরিচালিত হইতে পারে। কম্পাউণ্ডিংয়ের পরিমাণ ঠিকমত রাখা থাকিলে এই ব্যবস্থায় উভয় মেসিনের প্রান্তিক চাপ প্রায় সমান থাকে।

ব্যাল্যান্সার সেট হিসাবে কম্পাউণ্ড ডাইনামোর ব্যবহার
১৯০নং চিত্র

কম্পাউণ্ড ডাইনামো ব্যাল্যান্সার সেট হিসাবে ব্যবহার করিবার সময় মেসিন এবং সরবরাহ লাইনের মধ্যে সংযোগ কিরূপ থাকে, তাহা ১৯০নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এইরূপ ক্ষেত্রে S-দ্বারা চিহ্নিত নিউট্রাল লাইনের সুইচটি খোলা অবস্থায় রাখিয়া মেসিন দুইটিকে সিরিজে চালু করা হয়। মেসিন দুইটির সাণ্ট ফীল্ড সিরিজে যুক্ত হইয়া পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে সংযুক্ত থাকে। ঐ দুই লাইনের মধ্যে একটি "ডিফারেন্‌খ্যাল রিলে" (differential relay)-ও সংযুক্ত করা হয়। যদি নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে লাইনের তড়িৎ-চাপের মধ্যে খুব বেশী পার্থক্য দেখা দেয়, তবে রিলে কয়েলের দুই অংশে তড়িৎ-প্রবাহ অসমান হয় বলিয়া ঐ রিলে তখন প্রধান জেনারেটারের সারকিট ব্রেকারকে খুলিয়া দেয়। ইহাতে বর্তনীর লোড জেনারেটারের পক্ষে অতিরিক্ত না হইলেও বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হইয়া যায় বটে, কিন্তু লাইভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে যে-সকল মেসিন আর যন্ত্রপাতি সংযুক্ত থাকে, তড়িৎ-চাপের অসমতার দরুন তাহাদের কোন ক্ষতি হইতে পারে না।

উদাহরণ ৯-১। একটি ডি. সি. জেনারেটার তিন-তারের লাইনে ৫০০ ভোল্টে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। যদি পজিটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে ১৫০০ কিলোওয়াট এবং নেগেটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে ২০০০ কিলোওয়াট লোড সংযুক্ত থাকে, তবে

ব্যাল্যান্সার হিসাবে ব্যবহৃত প্রত্যেকটি ডাইনামোর আর্মেচার ও নিউট্রাল লাইন দিয়া কত কারেন্ট প্রবাহিত হইবে এবং প্রধান জেনারেটার মোট কত কারেন্ট সরবরাহ করিবে তাহা নির্ণয় কর।

লাইনের সহিত সংযুক্ত লোডের মোট পরিমাণ

$$= ১৫০০ + ২০০০ = ৩৫০০ \text{ কিলোওয়াট।}$$

সুতরাং জেনারেটারের মোট কারেন্ট

$$I = \frac{৩৫০০ \times ১০০০}{৫০০} = ৭০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

একটি লাইভ লাইন ও নিউট্রালের মধ্যে তড়িৎ-চাপ

$$= \frac{৫০০}{২} = ২৫০ \text{ ভোল্ট।}$$

অতএব পজিটিভ লাইনের তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_1 = \frac{১৫০০ \times ১০০০}{২৫০} = ৬০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

আর নেগেটিভ লাইনের তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_2 = \frac{২০০০ \times ১০০০}{২৫০} = ৮০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

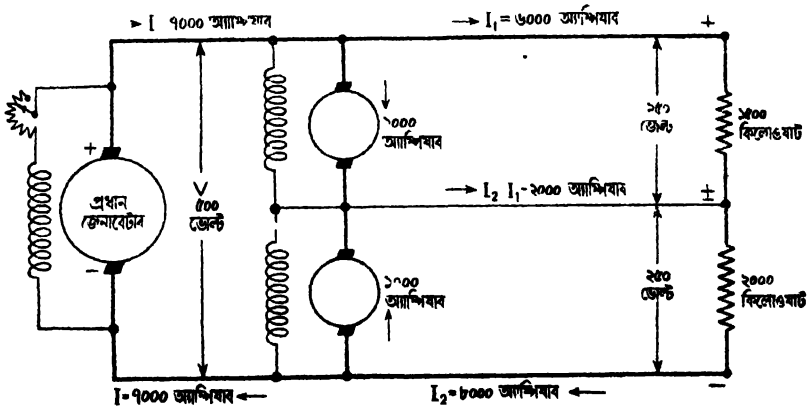
সুতরাং নিউট্রাল লাইন দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট

$$I_2 - I_1 = ৮০০০ - ৬০০০ = ২০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার.}$$

এবং (ব্যাল্যান্সারে যে শক্তির অপচয় ঘটে তাহা উপেক্ষা করার জন্য) প্রত্যেকটি ব্যাল্যান্সার-ডাইনামোর আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত

$$\text{কারেন্ট} = \frac{২০০০}{২} = ১০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

সরবরাহ লাইন আর ব্যাল্যান্সার দিয়া কত কারেন্ট কোন্ দিকে প্রবাহিত হইতেছে তাহা ১৯১নং চিত্রে দেখানো হইল।

১৯১ নং চিত্র

উদাহরণ ৯-২। একটি ডি. সি. তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে তড়িৎ-চাপ ৫০০ ভোল্ট আছে। বাতি এবং পাখার জন্য পজিটিভ লাইন দিয়া ১৫০০ অ্যাম্পিয়ার আর নেগেটিভ লাইন দিয়া ১৩০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়। তাহা ছাড়া ৫০০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী একটি মোটর পূরা লোডসহ চলিবার সময় সরবরাহ লাইন হইতে ৫০০ কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ করে। এই অবস্থায় ব্যাল্যান্সার হিসাবে ব্যবহৃত প্রত্যেকটি মেসিনে যদি ৫ কিলোওয়াট করিয়া বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় ঘটে, তবে প্রধান জেনারেটার ও প্রত্যেকটি ব্যাল্যান্সারের লোড কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটরের কারেন্ট

$$=\frac{৫০০\times ১০০০}{৫০০}=১০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

সুতরাং পজিটিভ লাইনের তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_1=১৫০০+১০০০=২৫০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

আর নেগেটিভ লাইনের তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_2=১৩০০+১০০০=২৩০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

অতএব নিউট্রাল লাইন দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট

$$I_1-I_2=২৫০০-২৩০০=২০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

এই অবস্থায় ব্যাল্যান্সারে যদি কোন শক্তির অপচয় না ঘটিত, তবে প্রত্যেকটি ডাইনামো দিয়া $\frac{২০০}{২}=১০০$ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হইত। কিন্তু যেহেতু প্রত্যেকটি ডাইনামোতে ৫ কিলোওয়াট করিয়া বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় ঘটে, অতএব সেই অপচয়ের জন্য তড়িৎ-প্রবাহের প্রয়োজন হয়

$$\frac{৫\times ১০০০}{২৫০}=২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

আবার, জেনারেটার হিসাবে পরিচালিত ডাইনামোর গৃহীত শক্তির (input) সমস্তটাই মোটরকে সরবরাহ করিতে হয়। সুতরাং পজিটিভ লাইনের সহিত যুক্ত ডাইনামো দিয়া

$$১০০-২০=৮০ \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

আর নেগেটিভ লাইনের সহিত যুক্ত ডাইনামো দিয়া

$$১০০+২০=১২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

কারেন্ট প্রবাহিত হইবে।

১৯২নং চিত্র হইতে দেখা যাইবে যে, জেনারেটার লাইনে মোট ২৪২০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। সুতরাং

$$\text{জেনারেটারের লোড}=\frac{২৪২০\times ৫০০}{১০০০}$$

$$=\underline{১২১০ \text{ কিলোওয়াট}}\text{।}$$

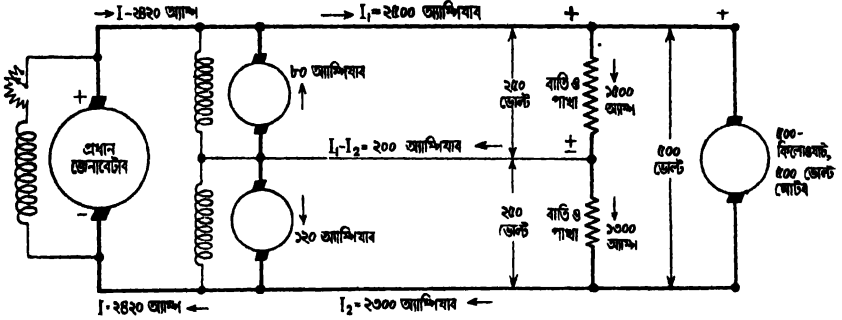
পজিটিভ লাইনের সহিত সংযুক্ত ব্যাল্যান্সার-মেসিনের লোড

$$= \frac{৮০ \times ২৫০}{১০০০}$$

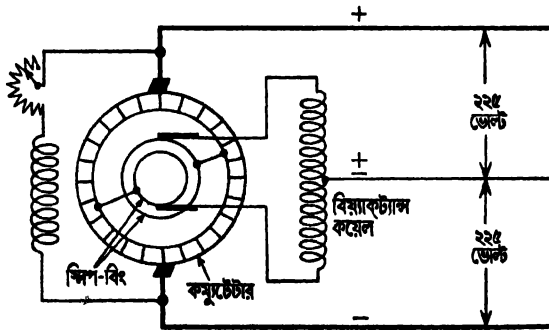
$$= ২০ \text{ কিলোওয়াট,}$$

আর নেগেটিভ লাইনের সহিত সংযুক্ত ব্যাল্যান্সার-মেসিনের লোড

$$= \frac{১২০ \times ২৫০}{১০০০}$$

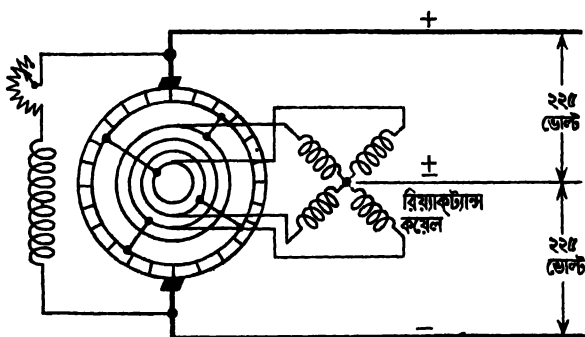
$$= ৩০ \text{ কিলোওয়াট।}$$

১৯২নং চিত্র

(৪) তিন-তারওয়ালা জেনারেটার ব্যবহার করা (Use of Three-Wire Generator)

নিউট্রাল তার বাহির করিবার জন্য তিন-তারওয়ালা জেনারেটার ব্যবহার করাও বহুল প্রচলিত নিয়মগুলির অন্যতম। এই জেনারেটার নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে কাজ করে :—

তিন-তারওয়ালা ডি. সি. জেনারেটার

১৯৩(ক)নং চিত্র

যেহেতু ডি. সি. জেনারেটারের আর্মেচার-কয়েলে পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন হয়, অতএব আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং স্লিপ-রিংয়ের সহিত সংযুক্ত করিলে সেই স্লিপ-রিংয়ে

এ. সি. সরবরাহ পাওয়া যায়। এখন, তিন-তারওয়ালা জেনারেটারে পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহকে খুব বেশী বাধা দিতে পারে এমন একটি কুণ্ডলি বা কয়েল লোহার 'কোর' (core)-এর গায়ে জড়াইয়া লইয়া দুইটি স্লিপ-রিংয়ের মধ্যে সংযুক্ত করা হয়। কয়েলের ইন্‌ডাক্‌ট্যান্স (আর সেই সঙ্গে ইম্পিড্যান্স) খুব বেশী থাকে বলিয়া উহা পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহকে প্রবলভাবে বাধা দেয়, কিন্তু রেজিস্ট্যান্স খুব কম থাকায় জন্য অনুবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ বিশেষ বাধা পায় না। আর্মেচারের সঙ্গে একই শাফ্‌টের উপর স্লিপ-রিং দুইটি বসানো থাকে। সেইজন্য তিন-তারওয়ালা জেনারেটারে আর্মেচারের একদিকে কম্যুটেটার আর অন্যদিকে স্লিপ-রিং দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা ১৯১(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। আর্মেচারে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহার ভারকেন্দ্রে (centre of gravity of the voltages generated in the armature) কয়েলের মধ্যবিন্দু অবস্থিত থাকে। সুতরাং এই বিন্দুতে নিউট্রাল তার সংযুক্ত করিলে তাহার উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপ সমান হয়। তাহা ছাড়া নিউট্রাল দিয়া যে কারেন্ট বাহিরের বর্তনী হইতে উৎপাদন কেন্দ্রের দিকে ফিরিয়া আসে, সেই কারেন্ট খুব সহজেই কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া আর্মেচারে প্রবেশ করিতে পারে। ইন্‌ডাক্‌টিভ কয়েল নিশ্চল বা গতিশূন্য অবস্থায় থাকে আর নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপের সমতা বজায় রাখে তাই ইহা "স্ট্যাটিক ব্যাল্যান্সার" (Static Balancer) নামেও পরিচিত।

তিন-তারওয়ালা জেনারেটারে একাধিক ইন্‌ডাক্‌টিভ কয়েলের সংযোগ

১৯৩(খ)নং চিত্র

অনেক সময় নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপের সমতা ঠিকমত বজায় রাখিবার জন্য দুই বা ততোধিক ইন্‌ডাক্‌টিভ কয়েল (inductive coil) ব্যবহার করা হয়। তখন কয়েলগুলির সংযোগ কিরূপ থাকে তাহা ১৯৩(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। কয়েল বাহিরে না রাখিয়া আর্মেচারের খাঁজের মধ্যেও বসানো যায়। তখন শাফ্‌টের উপর একটিমাত্র স্লিপ-রিং ব্যবহার করিলেই কাজ চলে। তবে ইহাতে আর্মেচারের ওজন অনেকটা বৃদ্ধি পায়।

তিন-তারের পরিবর্তে চার-, পাঁচ-, ছয়-, সাত-তারের সরবরাহ লাইনও টানা যায়, কিন্তু লাইন টানিবার সময় জটিল অবস্থার সৃষ্টি হয় আর খরচ খুব বেশী পড়ে বলিয়া এই ধরনের সরবরাহ ব্যবস্থার প্রচলন কেবলমাত্র স্বল্প দৈর্ঘ্যের লাইনের মধ্যেই সীমাবদ্ধ আছে।

প্রশ্নমালা

১। একটি রোটারি ব্যালান্সার থ্রি-ওয়্যার ফিডার-এর উপর কি কাজ করে তাহা বুঝাইয়া দাও। এই মেসিন সাধারণত কোথায় বসানো হয় এবং কিরূপে লাইনের সহিত সংযুক্ত হয় দেখাও।

২। একটি D. C. 3-wire line-এ load-কে দুইদিকে সমান রাখিবার চেষ্টা সর্বদাই করা হয় কেন ?

৩। একটি ডি সি জেনারেটর (যাহা ডি সি ৩-তার ডিস্ট্রিবিউসন সিস্টেমে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে) পরীক্ষা করিবার সময় দেখা গেল আর্মেচারের এক মাথায় "কমুটেটর" ও অপর মাথায় কতকগুলি "স্লিপ-রিং" (একই স্যাফ্‌টের উপর) আছে। স্লিপ-রিংগুলি কিসের জন্য ?

৪। একটি ডি, সি, তিন-তার সাপ্লাইয়ে বাহিরের তারের সহিত মধ্যবর্তী তারের কি পোলারিটি তাহা উল্লেখ কর।

একটি তিন-তার ডি, সি, কারেণ্ট সাপ্লাই স্টেশনের প্রধান প্রধান মেসিনগুলির অবস্থান সহ একটি রেখাচিত্র অঙ্কন কর।

ব্যালেন্সার ব্যবহারের উদ্দেশ্য কি এবং উহা কিভাবে কাজ করে ?

৫। Balancers এর কাজ কি ? Balancer set এর কানেকশনগুলির একটি নিখুঁত চিত্র অঙ্কন কর।

৬। যখন একটি ডি,সি, জেনারেটার তিন-তার feeder-কে supply করে তখন যদি মধ্যের তারটি Balancer হইতে সংযোগচ্যুত হয়, ইহার ফল খুবই খারাপ হইতে পারে কেন তাহা বুঝাইয়া দাও।

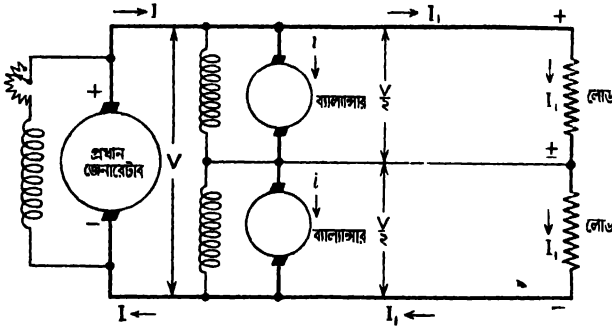
৭। Rotary Balancer বলিতে কি বোঝ ? একটি 3-wire system-এর (D. C.) শক্তি সরবরাহ করিবার জন্য ইহা কিরূপে Generator-এর সহিত সংযুক্ত করিবে ?

৮। ডি সি থ্রি-ওয়্যার পদ্ধতি পাইবার উপায়গুলির নাম লিখ।

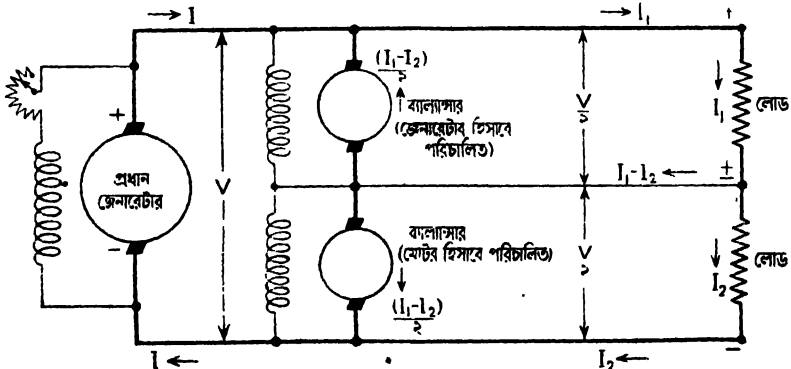
"স্টেটিক ব্যালেন্সার" বলিতে কি বুঝায় ? ইহা কোথায় ব্যবহৃত হয় এবং কিরূপে লাইনের সঙ্গে সংযুক্ত হয় ? চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

[ডি. সি. জেনারেটার হইতে নিউট্রাল তার বাহির করিবার জন্য এবং সেই তারের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপ সমান রাখিবার কাজে যখন ইন্‌ডাকটিভ কয়েল ব্যবহার করা হয়, তখন ঐ কয়েলকে "স্ট্যাটিক ব্যাল্যান্সার" বলে। ইংরাজি 'স্ট্যাটিক' শব্দের অর্থ 'নিশ্চল'

বা 'গতিশূন্য'। যেহেতু ইন্ডাক্টিভ কয়েলের কোন অংশ গতিশীল নহে এবং নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপের সমতা বজায় রাখিবার জন্য উহা ব্যবহৃত হয়, অতএব এই কয়েল স্ট্যাটিক ব্যাল্যান্সার নামে পরিচিত।]

একটি "রোটারী ব্যালেন্সার সেটে" বাহ্য (আউটার) কণ্ডাক্টারের লোড্ যদি (ক) সমান, (খ) অসমান হয় তখন মেসিনগুলি কিরূপে কাজ করিবে? চিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর।

১৯৪নং চিত্র

[(ক) লোড সমান থাকিলে ব্যাল্যান্সার সেট-এর উভয় মেসিন মোটর হিসাবে চলিতে থাকে। তখন মেসিন এবং লাইনের বিভিন্ন অংশে তড়িৎ-প্রবাহ কিরূপ থাকে তাহা ১৯৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই অবস্থায় নিউট্রাল লাইন দিয়া কোন কারেন্ট প্রবাহিত হয় না।

(খ) নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে লোড অসমান থাকিলে যেদিকে লোড বেশী থাকে, সেই দিকের ব্যাল্যান্সার জেনারেটার হিসাবে আর অন্য দিকের ব্যাল্যান্সার মোটর হিসাবে চলে। ইহা ১৯৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। তখন নিউট্রাল লাইন দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহার অর্ধেক জেনারেটার আর বাকী অর্ধেক মোটর দিয়া প্রবাহিত হইয়া লাইভ লাইনে ফিরিয়া যায়।

১৯৫নং চিত্র

১২৫নং চিত্রে I_2 অপেক্ষা I_1 বড়, অর্থাৎ উপরের ব্যাল্যান্সার জেনারেটার হিসাবে আর নীচের ব্যাল্যান্সার মোটর হিসাবে চলিতেছে—এইরূপ দেখানো হইয়াছে।]

৯। অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ বণ্টন করিবার জন্য যে-সকল পরিবাহী ব্যবহার করা হয়, তাহাদের আয়তন নির্ণয় করিবার সময় কি কি বিষয়ে লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন? বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে সাধারণতঃ কোন্ কোন্ পদ্ধতি অবলম্বন করা হইয়া থাকে?

১০। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল লাইন বাহির করিবার জন্য যে-সকল ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়, তাহাদের সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা কর। কার্যক্ষেত্রে কোন্ পদ্ধতির ব্যবহার সর্বাপেক্ষা বেশী দেখা যায়?

১১। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় সরবরাহ প্রান্তের সহিত নিউট্রাল তারের সংযোগ বজায় রাখা প্রয়োজন কেন তাহা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

১২। রোটারি ব্যাল্যান্সার আর স্ট্যাটিক ব্যাল্যান্সারের মধ্যে পার্থক্য কি? কোন্‌টি কোথায় আর কিভাবে ব্যবহার করা হয়, চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহা বুঝাও?

১৩। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে ভোল্টেজ অসমান হয় কেন? তড়িৎ-চাপের এই অসমতা দূর করিবার জন্য লোড-সারকিটে কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইয়া থাকে?

১৪। তিন-তারওয়ালা জেনারেটারে একাধিক ইন্‌ডাকৃটিভ কয়েল ব্যবহার করিয়া কিরূপে নিউট্রাল তার বাহির করা হয় তাহা একটি পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও। এই কয়েল "স্ট্যাটিক ব্যাল্যান্সার" নামে পরিচিত কেন?

১৫। রোটারি ব্যাল্যান্সার হিসাবে ব্যবহৃত দুইটি ডাইনামোর ফীল্ড-কয়েল পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে পরস্পরের সঙ্গে সোজাসুজি সিরিজে না থাকিয়া যদি আড়াআড়িভাবে সংযুক্ত থাকে, তবে বেশী কি সুবিধা পাওয়া যায় তাহা বুঝাইয়া বল

দ্বিতীয় অধ্যায়

ডি. সি. মেসিনের দোষ ও তাহার প্রতিকার

মুখবন্ধ

জেনারেটার ও মোটরের দোষ

যাহার উপর জেনারেটার, মোটর প্রভৃতির তত্ত্বাবধানের ভার থাকিবে, তাহাকে সর্বদা লক্ষ্য রাখিতে হইবে উহারা কেমন চলিতেছে। প্রত্যহ কিংবা ঘন ঘন পরিদর্শন করিলে মেসিনে সহজে কোনরূপ দোষ জন্মিতে পারে না, এবং জন্মিলেও অতি শীঘ্র তাহা ধরা পড়ে। দোষ জন্মিলে তাহা মেরামত করা অপেক্ষা দোষ না জন্মিতে দেওয়াই বুদ্ধিমানের কাজ। ভাল করিয়া ঘন ঘন দেখাশুনা করিলে দোষ জন্মিতে পারে না। বৈদ্যুতিক মেসিনের আর একটি বিশেষত্ব এই যে, অতি সামান্য কারণেও সাংঘাতিক দোষ জন্মিতে পারে আর তাহাতে মেসিন একেবারে অকর্মণ্য হইয়া যায়। সেইজন্য সামান্য দোষ নজরে পড়িলেই তাহা দূর করিতে হইবে। যত সামান্যই হউক না কেন, দোষ নজরে পড়িবামাত্রই মেসিন বন্ধ করা উচিত; অনন্তর সে দোষ কি কারণে হইল তাহা খোঁজ করিয়া বাহির করিতে হইবে। এইরূপে দোষের কারণ বাহির করিবার সময় প্রায়ই মেসিনকে এক-আধবার চালাইয়া দেখার দরকার হয়। আবশ্যক বিবেচনা করিলে অবশ্য চালাইতেই হইবে, কিন্তু এমন সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে যাহাতে ঐ দোষ যেন আরও বাড়িয়া না যায়। মেসিনের দোষ ধরিতে হইলে প্রথমতঃ উহার ভিন্ন ভিন্ন অংশের (parts) কি কি কাজ, সে সম্বন্ধে পরিষ্কার জ্ঞান থাকা আবশ্যক। অনন্তর, সেই দোষ উহার কোন্ অংশে জন্মিয়াছে তাহা বুঝিয়া লইতে হইবে। অনেক সময় এমন হয় যে, ভিন্ন ভিন্ন অংশের দোষে প্রায় একই রকম লক্ষণ প্রকাশ পায়। সেইজন্য দোষটি মেসিনের কোন্ অংশের তাহা ঠিকমত ধরিবার জন্য প্রত্যেক অংশের কাজ ও তাহাদের মধ্যে কি প্রভেদ আছে, তাহা পরিষ্কার ভাবে বুঝা উচিত; নতুবা এক জায়গার দোষের জন্য পাঁচ জায়গায় মিছামিছি খোঁজাখুজি করিয়া হায়রাণ হইতে হয়। মনে কর, জেনারেটার বড় বেশী আওয়াজ দিতেছে। এই দোষ অনেক কারণে হইতে পারে। কম্যুটেটার ঠিক গোল না থাকিলে চলিবার সময় আওয়াজ হইতে পারে, বেয়ারিং ঢিলা থাকিলে পাশে ঠেকিয়া আর্মেচার আওয়াজ দিতে পারে, কিংবা ফাউণ্ডেশন্ বোল্ট ঢিলা থাকিলে মেসিন কাঁপিয়া একরূপ আওয়াজ বাহির হইতে পারে—ইত্যাদি। এই সকলই "আওয়াজ", কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন আওয়াজের ভিতরে যে তফাৎটুকু আছে তাহা ঠিক করিয়া বুঝিয়া লইয়া অন্য আওয়াজের কারণগুলি একে একে বাদ দিয়া আসল কারণটি ধরিয়া ফেলাই বাহাদুরি। যে মেসিনে দোষ জন্মিয়াছে যতক্ষণ না সেই দোষ দূর করা হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত তাহাকে চলিতে দেওয়া উচিত নহে।

জেনারেটার ও মোটরে যত রকমের দোষ জন্মে, তাহাদিগকে নিম্নলিখিত দশটি প্রধান ভাগে ভাগ করা যাইতে পারে। কিছু দোষ হইলেই ইহাদের একটি, কখন কখন দুইটি, বা ততোধিক লক্ষণ নানা জায়গায় প্রকাশ পায়। সুতরাং

সকল প্রকার দোষই এই দশটি প্রধান ভাগের কোন না কোন একটির মধ্যে থাকিবে। সেই দশটি প্রধান দোষ এই :—

(১) কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া—(Sparking)।

(২) ব্রাশ ও কম্যুটেটার গরম—(Excessive Heating of Brushes and Commutator)।

(৩) আর্মেচার গরম—(Excessive Heating of Armature)।

(৪) ফীল্ডের চুম্বক গরম—(Excessive Heating of Field Magnets)।

(৫) বেয়ারিং গরম—(Excessive Heating of Bearings)।

(৬) মোটর চলে না—(Motor does not start)।

(৭) জেনারেটারে ভোল্টেজ ওঠে না—(Generator fails to generate)।

(৮) ভোল্টেজ ঠিক হয় না—(Voltage not right)।

(৯) মোটর বা জেনারেটার ঠিক জোরে ঘোরে না—(Speed not right)।

(১০) মেসিন বড় বেশী আওয়াজ করিয়া চলে—(Machine makes noise)।

উপরি-উক্ত দশটি প্রধান দোষের প্রত্যেকটিই আবার অনেকগুলি কারণে জন্মিয়া থাকে। সেই কারণগুলি আলোচনা করিয়া, ডাক্তারেরা যেভাবে রোগীর রোগের লক্ষণ বিচার করিয়া অন্য কারণগুলি বাদ দিয়া প্রকৃত কারণটি বাহির করেন, এখানেও ঠিক সেইরূপ করিতে হইবে। দোষযুক্ত মেসিনটি যেন একটি রোগী। তবে প্রভেদ এই যে, মানুষ-রোগী তাহার রোগের লক্ষণ সকল মুখ ফুটিয়া বলিতে পারে আর তাহাতে তাহার রোগ সহজে ধরা পড়ে, কিন্তু দোষযুক্ত মেসিন তাহা পারে না,—ইঞ্জিনীয়ারকে লক্ষণগুলি নিজে পরীক্ষা করিয়া ধরিতে হয়। যখন প্রকৃত রোগ ধরা পড়ে, তখন তাহার উপযুক্ত প্রতিকার করিবামাত্র মেসিন নির্দোষ হয়।

প্রত্যেক প্রধান দোষের যে-সকল ভিন্ন ভিন্ন কারণ দেওয়া হইল, তাহাদের মধ্যে যেগুলি সচরাচর ঘটিয়া থাকে সেইগুলি প্রথমে দেওয়া হইয়াছে। ইহাতে দোষ নির্ণয় করিবার কাজে সুবিধা হইবে বলিয়াই মনে হয়। কেননা, সামান্য কারণগুলি প্রায়ই ঘটিয়া থাকে বলিয়া প্রথমেই উহাদের কথা মনে আসে। যখন দেখা যায় যে এগুলি মেসিনের দোষের প্রকৃত কারণ নহে, তখনই বড় বড় কারণ অনুসন্ধান করিতে হয়।

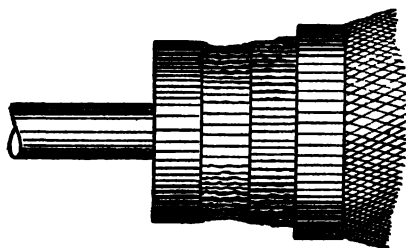
ডি. সি. মেসিনে যত রকমের দোষ হয়, তাহাদের মধ্যে অনেক স্থলেই কম্যুটেটারে আগুন দিতে থাকে। সুতরাং যখনই কম্যুটেটার হইতে বেশী আগুন বাহির হয়, তখনই মেসিনে একটা কিছু গণ্ডগোল হইয়াছে সন্দেহ করিতে হইবে। মেসিন হইতে যখন বেশী কাজ লওয়া হয়, তখন কোন কোন মেসিনের কম্যুটেটারে কিছু বেশী আগুন দিতে দেখা যায়। ইহা ঐ মেসিন তৈরী করিবার দোষে হইয়া থাকে। তখন ইণ্টার-পোল বিহীন মেসিনে 'রকার' (Rocker) দিয়া ব্রাশ একটু সরাইয়া দিলে যদি

তাহাতে আগুন দেওয়া বন্ধ হয় বা কমে তবে ভালই, নতুবা অন্য কোন উপায় নাই। এইরূপ স্থলে ঐ মেসিন হইতে তত বেশী কাজ লওয়া চলিবে না। অনেক মেসিন পূরা লোডে কাজ করিবার সময় (on full load) উহাদের কম্যুটেটারে যে কিছু কিছু আগুন দেয়, তাহা আপত্তিজনক নহে। এখানে নজরের দ্বারাই ঠিক করিতে হইবে আগুন বেশী হইতেছে কি না ; ইহা ভিন্ন আর কোন উপায় নাই। যদি আগুন বড় বেশী হয়, তবে কম্যুটেটারের গায়ে পোড়া দাগ পড়ে আর তাহাতেই বুঝা যায় যে আগুন বড় বেশী হইয়াছে। এই সকল কথা বিস্তার করিয়া যথাস্থানে বলা হইয়াছে। তবে এখানে কেবলমাত্র যে কথাটি মনে করাইয়া দেওয়া উচিত তাহা এই যে, নীল আলো (blue spark) মেসিনের পক্ষে বড়ই অনিষ্টকর। ইহাতে মেসিন একেবারে নষ্ট হইয়া যাইতে পারে। যে-সকল মেসিনে কম্যুটেটার আছে, যথা ডিরেক্ট কারেণ্ট জেনারেটার ও মোটর, অল্টার্নেটারের এক্সাইটার (exciter), পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের কম্যুটেটার মোটর, রোটারি কন্‌ভার্টার (Rotary Converter)-এর অনুবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের অংশ প্রভৃতি, তাহাতে এই জাতীয় দোষ জন্মিতে পারে।

প্রথম পরিচ্ছেদ

কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া

১ম কারণ। কম্যুটেটার ঠিক গোল নহে, কিংবা উহার উপরের গা বেশ তেলা নয়, "উষ্কখুষ্ক"; কম্যুটেটারের কোন একটি সেগ্‌মেণ্ট (segment , অংশ) উঠিয়া পড়িয়াছে বা বেশী ক্ষয় হইয়া গিয়াছে, অথবা উহার প্রত্যেক সেগ্‌মেণ্টের গায়ে যে অভ্রের (mica) ইন্‌সুলেশন্‌ (insulation) থাকে তাহা উঠিয়া পড়িয়াছে। কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টগুলি আঁটিবার জন্য পাশে যে রিং থাকে তাহা ঢিলা।

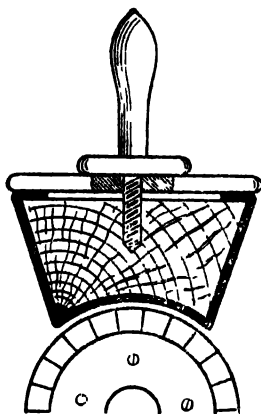
লক্ষণ। কম্যুটেটার নিখুঁত গোল হওয়া বিশেষ দরকার। যদি তাহা না হইয়া কিছু "বাদামে" (oval) হইয়া গিয়া থাকে, তবে আর্মেচারকে আস্তে আস্তে ঘুরাইয়া বেশ ভাল করিয়া দেখিলে ব্রাশগুলি এক একবার আস্তে আস্তে উঠিতেছে ও পড়িতেছে এইরূপ দেখিতে পাওয়া যাইবে। জোরে আর্মেচার ঘুরিলে উহা হইতে একরূপ "ছচ্ছড" করিয়া আওয়াজ হয়, এমন অবস্থায় ব্রাশগুলি ঘন ঘন উঠিতে ও পড়িতে থাকে বলিয়া সকল সময়ে কম্যুটেটারের উপর লাগিয়া থাকে না, ফলে চলিবার সময় আগুন (spark) বাহির হয়। যখন আর্মেচার ঘুরিতে থাকে, তখন যদি কম্যুটেটারের উপর আঙ্গুলের নখের উল্টাদিক ঠেকান যায়, তাহা হইলে অতি সামান্য উষ্কখুষ্ক-ভাবও ধরা পড়ে।

উষ্কখুষ্ক কম্যুটেটার
১৯৬নং চিত্র

যদি মেসিনের তড়িৎ-চাপ ২২০-ভোল্ট অপেক্ষা বেশী হয়, তবে চলন্ত অবস্থায় কম্যুটেটারে হাত দিলে বিপদ ঘটিতে পারে। সেক্ষেত্রে হাত না দিয়া একটা কাঠি লইয়া কম্যুটেটারের উপরে ধরিতে হইবে। কিন্তু মনে রাখিতে হইবে যে, কোন ধাতুর জিনিস লইয়া উহা যেন কোন মতে ছোঁওয়া না হয়। যেখানে ব্রাশগুলি কম্যুটেটারের উপর বসে, তাহার সঙ্গে সমান-লাইনে চোখ রাখিয়া আর্মেচারকে ঘুরাইলে অনেক সময় কম্যুটেটার ও ব্রাশের মাঝ দিয়া ফাঁক দেখিতে পাওয়া যায়। হাত কিংবা লাঠি দিয়া ব্রাশগুলি স্পর্শ করিলেও কম্যুটেটারের দোষ ধরা পড়ে। কম্যুটেটার ঠিক তেলা আছে কি না তাহা উহার রং হইতেই বুঝা যায়। যখন কম্যুটেটার ভাল অবস্থায় থাকে, তখন উহার রং খুব ঝক্‌ঝকে না হইয়া একটু মেটেমেটে,—ব্রোঞ্জের (Bronze) রংয়ের মত দেখায়। শিরীষ কাগজ দিয়া ঘষিলে তামা যেমন চক্‌চকে দেখায়, কম্যুটেটারের রং তেমন হইলেই যে উহা খুব ভাল আছে তাহা নহে;—ঐ মেটেমেটে রংই ঠিক। যদিও কম্যুটেটার তৈরী করিবার সময় উহার সেগ্‌মেণ্টগুলি একই চাদর হইতে কাটিয়া লওয়া হয়, তথাপি চাদর তৈরী

করিবার সময় উহার তামা কোথায়ও একটু আধটু কড়া হওয়া বিচিত্র নহে। সেইজন্ত কখন কখন কোন কোন কম্যুটেটারের এক-আধটা সেগ্‌মেণ্ট অন্তগুলি অপেক্ষা কম ক্ষয় হয়, এবং মেসিন কিছুদিন চলিতে চলিতে তাহা উচু হইয়া ওঠে। অনেক সময় আবার একটি সেগ্‌মেণ্ট অন্তগুলি অপেক্ষা বেশী ক্ষয় হইয়া যায়। এইসব দোষ অতি সহজেই নজরে পড়ে।

ব্রাশ বেশী কড়া হইলে কম্যুটেটারের গা ছড়িয়া যায়, আর কম্যুটেটার "ডোবর" (grooved) হইয়া ক্ষয়প্রাপ্ত হয় (১৯৬নং চিত্র)। তখন আগুন দিতে থাকে। নরম ব্রাশ লাগানোই ইহার প্রতিকার। নির্মাতারা যে মেসিনে যে জাতীয় ব্রাশ দিয়াছেন, বদল করিয়া ঠিক সেই জাতীয় ব্রাশ দেওয়াই কর্তব্য। চলিবার সময় প্রত্যেক আর্মেচারেই কিছুটা করিয়া "খেল্‌তা" (end-play ; লম্বালম্বি এদিক-ওদিক নড়িবার ব্যবস্থা) থাকে ; ইহা বন্ধ করিতে নাই। এই খেল্‌তা না থাকিলে কম্যুটেটার "ডোবর" হইয়া যায় (১৯৬নং চিত্র দেখ)। মেসিন-বিশেষে এই খেল্‌তা ০·৩২ সেন্টিমিটার হইতে ১ সেন্টিমিটার পর্যন্ত হইয়া থাকে।

প্রতিকার। যদি কম্যুটেটার বড় বেশী "বাদামে" হইয়া গিয়া থাকে বা উহার গা তেলা না থাকে, তবে তাহার একমাত্র প্রতিকার,—আর্মেচারকে বাহির করিয়া লেদে (lathe ; কুঁদিবার যন্ত্র) তুলিয়া কম্যুটেটারটি এক কোপ কাটিয়া ফেলা। কম্যুটেটার তামার দ্বারা তৈরী, সুতরাং নরম বলিয়া উহা টার্ণ (turn ; কুঁদা) করিবার বাটালিটি ধারাল হওয়া আবশ্যক এবং বাটালির মুখ যেন তাসের রুইতনের মত হয়। সাধারণতঃ লেদের কাজে যে "নখ্‌না" বাটালি ব্যবহার করা হয়, ইহা তাহাই। বাটালির ধারটি বেশ তোলা হইবে, আর প্রতিবারে অতি অল্প করিয়া কোপ (very fine cut) দিতে হইবে। এই সময় লেদকে জোরে চালানো আবশ্যক, নতুবা তামা বড় নরম ধাতু বলিয়া ছিঁড়িয়া বা থেঁৎলাইয়া যাইতে পারে। যতক্ষণ না কম্যুটেটারটি ঠিক গোল হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত এইভাবে অল্প অল্প করিয়া কাটিতে হয়। অনন্তর খুব মিহি উকো (dead smooth file) চালাইয়া উহার উপরিভাগ সমান করিয়া দিয়া সাদা শিরীষ কাগজ (sand paper) দিয়া মাজিয়া চক্‌চকে করিয়া দিতে হয়। **কম্যুটেটার মাজিবার সময় কাল শিরীষ কাগজ (emery cloth) কখন ব্যবহার করিতে নাই।** সাধারণতঃ এই নিয়মটি অনেকে জানিয়াও গ্রাহ্য করেন না। কম্যুটেটার মাজিবার পক্ষে কার্বোরাণ্ডাম্ (carborundum) কাগজই প্রশস্ত, অভাবে সাদা শিরীষ কাগজ দিয়াও কাজ চলে। শিরীষ কাগজ দিয়া কম্যুটেটার মাজিবার সময় অনেকেই কাগজের টুক্‌রাটি হাতে করিয়া উহার উপর চাপিয়া ধরে, কিন্তু তাহা ঠিক নহে। ইহাতে কম্যুটেটার "বাদামে" হইয়া যাইতে পারে। ১৯৭নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইরূপ একটি কাঠের আসবাব এমন ভাবে তৈরী করিয়া লইতে হয় যে, কম্যুটেটারের গায়ের উপর তাহার খাঁজটির ঠিক "পাড়ান্" হয়। নীচের কাঠের উপরের দিকে পাত্‌লা কাঠের একটি "চাপা" থাকে। এই দুই কাঠের ভিতর শিরীষ কাগজের দুইটি দিক গুঁজিয়া দিতে হয়।

উপরে যে কাঠের হাতলটি (Handle) থাকে, তাহাতে একটি স্ক্রু বসানো থাকে। ঐ স্ক্রুটি নীচের কাঠের সহিত আঁটিয়া দেওয়া হয়। এখন এই কাঠটি কম্যুটেটারের উপর চাপিয়া ধরিলে কম্যুটেটার পালিশ হইবে, অথচ উহা "বাদামে" হইয়া যাইতে পারিবে না। কম্যুটেটার মাজা হইয়া গেলে উহার সেগ্‌মেণ্টের খাঁজের ভিতর হইতে তামার কুচি সকল ভাল করিয়া ঝাড়িয়া ও খুঁটিয়া ফেলিয়া দিতে হয়। মেশিন খুব বড় হইলে তাহার সহিত অনেক সময় কম্যুটেটার টার্ণ করিবার বন্দোবস্ত থাকে ; কারণ খুব বড় মেসিনের আর্মেচার বাহির করা সহজ নহে। কম্যুটেটার সামান্ত উঙ্কখুঙ্ক হইলে টার্ণ করিবার দরকার করে না,—কেবলমাত্র ভাল করিয়া সাদা শিরীষ কাগজ দিয়া মাজিয়া দিলেই চলে। কম্যুটেটার যাহাতে ভাল চলে ও ঘন ঘন উষ্কখুষ্ক হইয়া না যায় সেইজন্য উহার উপরে অতি সামান্ত পরিমাণে ভেসিলিন (vaseline) বা দুই এক ফোঁটা তেল মাখাইয়া দিলে চলিতে পারে। কিন্তু ভেসিলিন বা তেল বেশী মাখানো

কম্যুটেটার মাজিবার আসবাব
১৯৭নং চিত্র

খারাপ, কারণ তাহাতে বড় শীঘ্র চট্‌চটে একপ্রকার ময়লা জমে। তেল বা ভেসিলিন অধিক থাকিলে কম্যুটেটারের উপর ব্রাশ ভাল করিয়া বসিতেও পারে না ; উহাদের মধ্যে তেলের একটি পর্দা (film) থাকিয়া যায় আর তাহাতে আগুন দেওয়া আরও বাড়ে। অনেক সময় আবার বেয়ারিং (bearing) ঢিলা হওয়ার দরুন কম্যুটেটারে আগুন দেয়। এইরূপ স্থলে কম্যুটেটার বা শাফ্‌ট (shaft) বেশ ভালই থাকে, কেবলমাত্র বেয়ারিং ঢিলা হওয়ার জন্য চলিবার সময় আর্মেচার নাচিতে থাকে আর কম্যুটেটার হইতে আগুন বাহির হয়। কম্যুটেটারের কোন একটি সেগ্‌মেণ্ট উঠিয়া পড়া বা বসিয়া যাওয়া কিংবা অভ্রের ইন্‌সুলেশন্ বাহির হইয়া পড়ার কারণ এই হইতে পারে যে, যে-সকল স্ক্রু কিংবা মুহুরী (nut) দিয়া কম্যুটেটারের পাশের রিং (end-ring) আঁটা থাকে, তাহা হয়ত ঢিলা হইয়া গিয়াছে। ইহার প্রতিকার, এই সকল স্ক্রু বা মুহুরী ভাল করিয়া আঁটিয়া দেওয়া। এই সকল মুহুরী সাধারণতঃ অধিক জোরেই আঁটা থাকে। সেইজন্য শুধু "রেঞ্চ" (wrench) দিয়া আঁটা না গেলে "রেঞ্চের" হাতলের উপর একটি লম্বা পাইপ (pipe) পরাইয়া লইয়া তাহার দ্বারাও আঁটা চলিতে পারে। ইহাতে খুব জোর পাওয়া যায়। অতঃপর ইহাতেও যদি কম্যুটেটার ঠিক গোলে আসিয়া না দাঁড়ায় বা উহাতে কোন "উচুনীচু" থাকে, তবে তাহা লেদে তুলিয়া টার্ণ করিয়া লইতে হয়।

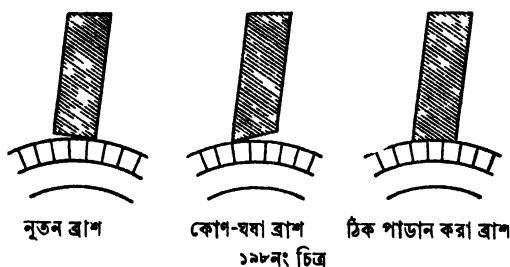
২য় কারণ। ব্রাশ ভাল করিয়া কম্যুটেটারের উপর বসে না।

লক্ষণ। ব্রাশ-হোল্ডারে (brush-holder) ব্রাশ বড় আঁট হয়, ফলে ব্রাশ ক্ষয় হইয়া যাওয়াতে পূর্বের মত আর জোর পায় না। ব্রাশ ভাল করিয়া "পাড়ানো" না হওয়ায় কেবলমাত্র দুই এক জায়গায় অথবা একটি মাত্র লাইনে উহা কম্যুটেটারের উপরিভাগ ছুঁইয়া থাকে। কম্যুটেটারের উপর অধিক মাত্রায় তেল ও ময়লা থাকার দরুনও ব্রাশ ভাল করিয়া বসিতে পারে না (১ম কারণ দেখ)। কার্বন (carbon) ব্রাশ ব্যবহার করিলে প্রায়ই উহা অধিক গরমে ক্ষয় হইয়া কম্যুটেটারের উপরে একরূপ কাল পর্দার মত "ছোপ" ধরাইয়া দেয় ("ব্রাশ ও কম্যুটেটার গরমের" ৪র্থ ও ৫ম কারণ দেখ)। ব্রাশের কার্বন বেশী নরম অথবা স্প্রীংয়ের চাপ বেশী হইলেও এই দোষ দেখা দেয়। ব্রাশ বড় বেশী কড়া (hard) হওয়ার জন্য ভাল করিয়া ক্ষয় হয় না, ফলে উহা কম্যুটেটারের উপরে ভাল করিয়া বসে না ; কিংবা মেসিন বড় কাঁপে বলিয়া ব্রাশ কম্যুটেটারের উপর ভাল করিয়া পড়িয়া থাকিতে পারে না।

প্রতিকার। ব্রাশ-হোল্ডারে ব্রাশ আঁট হইলে অনেক সময় কার্বন-ব্রাশের গায়ে পিতলের আঁচড় পড়িয়া যায়। ইহা ব্রাশ আঁট হওয়ার চিহ্ন। সেক্ষেত্রে একখানি উকোর উপরে ব্রাশখানি ফেলিয়া দুই চারি বার ঘসিয়া ঠিক মত করিয়া লইলেই কাজ চলে। সকল মেসিনেই স্প্রীংয়ের জোর কম-বেশী করিবার ব্যবস্থা থাকে। স্প্রীংয়ের জোর কম বলিয়া মনে হইলে উহাকে একটু বেশী করিয়া আঁটিয়া দিয়া অন্যান্য স্প্রীংয়ের জোরের সহিত মিলাইয়া দিতে হয়। স্প্রীংয়ের জোর বেশী হইলে ব্রাশ ও কম্যুটেটার গরম হয় এবং অন্য দোষের উৎপত্তি ঘটায়। স্প্রীংয়ের জোর সাধারণতঃ প্রতি বর্গ-ইঞ্চি ব্রাশে ০·১৫ হইতে ১ কিলোগ্রাম আন্দাজ হইয়া থাকে। কোন্ ব্রাশে স্প্রীংয়ের জোর কত হইবে তাহা বাহির করিতে হইলে ব্রাশের চওড়াইকে মোটাই দিয়া গুণ করিয়া তাহাকে আবার ১½ বা ২ দিয়া গুণ কর। অতঃপর একটি ছোট স্প্রীং-ব্যাল্যান্স (spring balance) লইয়া তাহার হুকের সঙ্গে ব্রাশের স্প্রীং আট্‌কাইয়া টানিয়া ধরিলে ঐ স্প্রীংয়ের জোর কত তাহা জানা যাইবে। ব্রাশ বড় নরম হইলে তাহা বদলাইয়া দিতে হয় ; কিন্তু বেশী কড়া ব্রাশ দিতে নাই। সকল স্প্রীংয়ের জোর সমান করিয়া দিতে হয়। ব্রাশ ছোট হইয়া গেলে উহা খুলিয়া লইয়া আর একটি নূতন ব্রাশ পরাইয়া দিতে হইবে। ব্রাশ ভাল করিয়া পাড়ানো না থাকিলে কম্যুটেটারে অধিকাংশ সময় আগুন দিয়া থাকে।

অনেকে নূতন একটি ব্রাশ লইয়া কেবলমাত্র তাহার মাথাটুকু উকো দিয়া ঘসিয়া দিয়াই হোল্ডারে পরাইয়া দেন। ইহাতে ব্রাশটি চৌচাপটে কম্যুটেটারের উপর বসে না বলিয়া উহাতে আগুন দেয়। ব্রাশ ভাল করিয়া কম্যুটেটারের উপর বসানো নিতান্ত আবশ্যক। সাধারণতঃ ব্রাশ এইরূপে পাড়ান্ করা হইয়া থাকে :—ব্রাশটি হোল্ডারের ভিতর যথাস্থানে রাখিয়া স্প্রীং আঁটিয়া দিতে হয় ; পরে ব্রাশ আর কম্যুটেটারের মধ্যে একখানি ০-নম্বরের সাদা শিরীষ কাগজ পরাইয়া উহা চাপিয়া ধরিতে হয়। শিরীষ কাগজখানি এত লম্বা হওয়া আবশ্যক যাহাতে উহা কম্যুটেটারের চারিদিকে ঘিরিয়া থাকিতে পারে। কাগজের চওড়াই কম্যুটেটারের চওড়ার সমান হইবে। একব্যক্তি

কাগজখানি ঠিক জায়গায় ধরিয়া থাকিবে, আর অন্য এক ব্যক্তি আর্মেচারটি একবার এদিকে আর একবার ওদিকে ঘুরাইতে থাকিবে। মেসিন ছোট হইলে একজনের দ্বারাই এই কাজ হইতে পারে। এইরূপ করিলে ব্রাশটি শিরীষ কাগজের উপরে ঘসিয়া ঘসিয়া ঠিক কম্যুটেটারের সহিত "পাড়ান্" হইয়া যায়। কাজটি ঠিকমত হইল কিনা তাহা দেখিবার জন্য কাগজখানি খুলিয়া লইয়া ব্রাশগুলি যথাস্থানে রাখিয়া মেসিনটিকে একটু হাতে করিয়া ঘুরাইলে ব্রাশের যে মাথা (face) কম্যুটেটারের উপর বসিয়া থাকে, তাহাতে চক্‌চকে দাগ পড়ে। যদি মাত্র দুই এক জায়গায় এইরূপ দাগ পড়ে, তবে

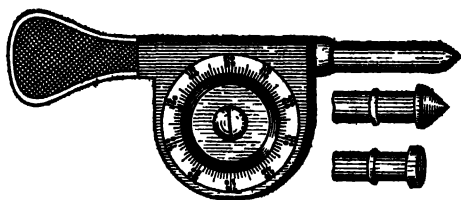
১৯৮নং চিত্র

বুঝিতে হইবে যে এখনও ব্রাশ ভাল করিয়া "পাড়ান্" করা হয় নাই। অনেক জায়গায়, —বা উহার সবটায়,—দাগ পড়িলে তবেই বুঝিতে হইবে ব্রাশ ঠিক 'পাড়ান্' হইয়াছে। কম্যুটেটার ও ব্রাশের উপর অধিক তেল ও ময়লা থাকিলে তাহা পরিষ্কার করিয়া কাপড় দিয়া মুছিয়া লইতে হয়। কখন কখন ময়লা এত চট্‌চটে থাকে যে, পেট্রোল দিয়া না ধুইলে যায় না। এই ময়লা থাকার দরুন ব্রাশ কম্যুটেটারে জড়াইয়া যায়, "ছচ্ছড়" করিয়া আওয়াজ হয় ও আগুন দেয়। কার্বন ব্রাশ ভাল করিয়া না "পাড়াইয়া" ব্যবহার করিলে কম্যুটেটার একেবারে কাল হইয়া যায়, অতিরিক্ত গরম হয়, ও প্রায়ই আগুন দেয় ("কম্যুটেটার গরমে"র ৪র্থ কারণ)। ব্রাশকে ভাল করিয়া পাড়ান্ করাই ইহার একমাত্র প্রতিকার। তবে আবার সময়ে সময়ে ব্রাশের কার্বনের দোষেও এইরূপ হইয়া থাকে। তখন সেই ব্রাশকে বদলাইয়া ফেলিতে হয়। ব্রাশ বেশী কড়া হইলে উহা ক্ষয় না হইয়া কম্যুটেটারের গা ক্ষয় করিয়া দেয় আর তাহা উঁচুখুচু হইয়া পড়ে (১ম কারণ)। এইরূপ ব্রাশ চোখে পড়িবামাত্র বদলাইয়া দেওয়া উচিত। কোন্ মেসিনে কি ধাতের ব্রাশ দিতে হইবে তাহা উহার নির্মাতাগণের নিকট হইতে জানিয়া লওয়াই ঠিক পদ্ধতি ; কিংবা পুরাতন ব্রাশটি তাঁহাদের কাছে পাঠাইয়া দিলেও চলে। মেসিন কাঁপিলেও কম্যুটেটারে আগুন দেয়। মেসিনে এই দোষ জন্মিয়াছে কিনা তাহা দেখিতে হইলে উহার ফাউণ্ডেশন্-বোল্ট (foundation bolt) হইতে আরম্ভ করিয়া অন্যান্য সমস্ত অংশে হাত দিয়া পরীক্ষা করিতে হয় এবং দোষের প্রকৃত জায়গা বাহির করিয়া দেখিতে হয় মেসিন চলিবার সময় ইহারই জন্য কম্যুটেটার হইতে ব্রাশ উঠিয়া পড়িতেছে কিনা। মেসিনের তড়িৎ-চাপ ২২০ ভোল্ট অপেক্ষা বেশী হইলে একখানি তক্তা বা রবারের চাদরের উপর দাঁড়াইয়া মেসিন পরীক্ষা করা নিরাপদ।

ওম্র কারণ। আর্মেচার দিয়া বড় বেশী কারেণ্ট যাইতেছে। মেসিন বেশী লোডে (overload) চলিতেছে, অর্থাৎ মেসিন যত শক্তি (power) সরবরাহ করিতে পারে, তাহা অপেক্ষা বেশী শক্তি উহা হইতে লওয়া হইতেছে। ইহা অনেকগুলি কারণে হইতে পারে। (ক) জেনারেটার বেশী জোরে ঘুরিতে থাকা; (খ) কোন একটি জেনারেটার যতগুলি আলো, পাখা ও মোটরকে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে পারে তাহা অপেক্ষা অধিক আলো, পাখা বা মোটরের জন্ম বিদ্যুৎ লওয়া; (গ) লাইনের কোন জায়গায় লীক (leak), সর্ট-সারকিট (short-circuit) বা ভূমিসংযোগ (earth) থাকা; (ঘ) মোটরের ক্ষমতা যত, অর্থাৎ মোটর যতগুলি অন্ত মেসিন টানিতে পারে তাহা অপেক্ষা আরও বেশী মেসিন উহার সঙ্গে জুড়িয়া দেওয়া। ইহা ছাড়া (ঙ) সাণ্ট মোটরের লাইনের ভোল্টেজ (line voltage) ও সিরিজ মোটরের লাইনের কারেণ্ট (line current) নির্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা বেশী হওয়া।

লক্ষণ। জেনারেটারকে কত পাকে চালাইতে হইবে তাহা প্রত্যেক মেসিনের গায়ে (Name Plate) লেখা থাকে। যদি মেসিন তাহা অপেক্ষা বেশী জোরে চলে, তবে উপায় থাকিলে ইঞ্জিন আস্তে চালাইয়া জেনারেটারকে উপযুক্ত গতিবেগে চালানো উচিত; নতুবা কাউণ্টার-শাফ্‌টের পুলি (pulley) ছোট করিয়া জেনারেটারের গায়ে উহা যত পাক চলিবে বলিয়া লেখা আছে যাহাতে প্রতি মিনিটে তত পাকের বেশী না চলে, তাহার বন্দোবস্ত করিতে হইবে।

ভিন্ন ভিন্ন নির্মাতার মেসিন ভিন্ন ভিন্ন পাকে চলে। জেনারেটার অতিরিক্ত লোডসহ চলিতেছে কিনা প্রথমে তাহা নির্ণয় করিয়া পরে উহা ঠিক গতিবেগে চলিতেছে কিনা তাহা বুঝিতে হয়, কেননা লোড পড়িলে মেসিন কিছু কম জোরে চলেই। জেনারেটারের সুইচ্‌-বোর্ডের (Switch board) অ্যাম্মিটার (Ammeter) হইতে কারেণ্ট আর ভোল্টমিটার (Voltmeter) হইতে ভোল্টেজ দেখিয়া লইয়া একটিকে অন্যটি দিয়া গুণ করিলে যদি সেই গুণফল ডাইনামোর গায়ে লেখা বৈদ্যুতিক শক্তি অপেক্ষা বেশী হয়, তবেই বুঝিতে হইবে যে জেনারেটার বেশী লোডে চলিতেছে। মনে কর, জেনারেটারের অ্যাম্মিটারে ২০ অ্যাম্পিয়ার ও ভোল্টমিটারে ২২০ ভোল্ট দেখাইতেছে। অতএব জেনারেটারের উৎপাদিত শক্তি $\frac{৪,৪০০}{১০০০} = ৪\cdot৪$ কিলোওয়াট হইল। এখন যদি জেনারেটারের গায়ে উহার ক্ষমতা ৪ কিলোওয়াট লেখা থাকে, তবে বুঝিতে হইবে ডাইনামো সামান্য বেশী লোডে চলিতেছে। অনেক সময় কতগুলি আলো, কয়টি পাখা, বা কত অশ্ব-শক্তির কয়টি মোটর জেনারেটার হইতে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাইতেছে, তাহা দেখিয়াও ডাইনামোর লোড (load) হিসাব করা হইয়া থাকে। লাইনে লীকেজ, সর্ট-সারকিট বা ভূমি-সংযোগ থাকিলে তাহাতেও বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হয় এবং সেই কারেণ্ট জেনারেটারকেই সরবরাহ করিতে হয়।

যখন মোটর অতিরিক্ত লোডসহ চলে, তখন তাহার গতিবেগ কমিয়া যায়।

দুইরকম যন্ত্র দিয়া মোটরের গতিবেগ মাপা যায়,—(১) ট্যাকোমিটার (tachometer) আর (২) স্পীড-কাউণ্টার (speed-counter)। ট্যাকোমিটার দিয়া গতিবেগ দেখিতে হইলে উহার "ভাঁটি" বা স্পিণ্ড্‌লটি (spindle) ঠিক সোজা করিয়া শাফ্‌টের ধারে (end) যে সেণ্টার-পাঞ্চ (centre punch) থাকে, তাহার উপর চাপিয়া ধরিতে হয়। তখন ঐ মেসিন প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিতেছে তাহা ট্যাকোমিটারের কাঁটা হইতে বুঝা যায়। স্পীড্‌-কাউণ্টার দিয়া গতিবেগ দেখিতে গেলে উহার সঙ্গে একটি ঘড়ির দরকার হয়। বাঁ হাতে ঘড়ি ধরিয়া স্পীড্‌-কাউণ্টারের স্পিণ্ড্‌লটি ট্যাকোমিটারের মতই শাফ্‌টের পাশে চাপিয়া ধরিতে হয়; কিন্তু চাপিয়া ধরিবার আগে স্পীড্‌-কাউণ্টারের কাঁটাটি ঘুরাইয়া শূন্য দাগে আনিতে হয়, কিংবা উহার কাঁটা কোন্‌খানে আছে তাহা দেখিয়া রাখিতে হয়। ঠিক যে মুহূর্তে স্পীড-কাউণ্টারটি শাফ্‌টের সঙ্গে লাগান হইল, সেই মুহূর্তে ঘড়িটিও দেখিতে হয়। তাহার পর যেমনি ৬০ সেকেণ্ড (অর্থাৎ এক মিনিট) সময় অতীত হইবে, তখনই স্পীড-কাউণ্টারটি শাফ্‌ট হইতে খুলিয়া লইতে হইবে। ইতিমধ্যে নজর রাখিতে হইবে, স্পীড-কাউণ্টারের কাঁটাটি যেখান হইতে ঘুরিতে আরম্ভ করিয়াছিল, এক মিনিটের মধ্যে কতবার সেখান দিয়া ঘুরিয়া গিয়াছে। মেসিনের প্রতি ১০০ পাকে কাঁটা একবার ঘুরিয়া আসে। সুতরাং এক মিনিটের মধ্যে কাঁটা যতবার ঘুরিয়া আসিয়াছে, মেসিন তত শত-পাক চলিয়াছে, এবং সবশেষে এক পাকের যে অংশে গিয়া কাঁটা দাঁড়াইয়াছে, তাহার দাগ দেখিয়া সহজেই সমুদয় পাকের সংখ্যা নির্ণয় করা যায়। এইরূপে এক মিনিটে মেসিন সর্বসমেত কত পাক ঘুরিয়াছে তাহা জানা যাইতে পারে। এই পরীক্ষার সময় দুইজন লোক হইলে ভাল হয়,—একজন ঘড়ি দেখিবেন এবং কখন যন্ত্রটি লাগাইতে হইবে ও কখন খুলিয়া লইতে হইবে তাহা বলিবেন, এবং অন্যজন যন্ত্রটি দেখিবেন। কিন্তু অভ্যাস হইয়া গেলে একজনের দ্বারাই পরীক্ষা যথেষ্ট নির্ভুল ভাবে করিতে পারা যায়।

স্পীড-কাউণ্টারের ছবি
১৯৯নং চিত্র

সচরাচর আমরা যে ঘড়ি ব্যবহার করিয়া থাকি তাহা না লইয়া এ পরীক্ষার সময় অন্য এক রকম ঘড়ি ব্যবহার করা হয়; ইহাকে স্টপ-ওয়াচ (stop-watch) বলে। এই ঘড়ির বিশেষত্ব এই যে, ইহাতে সময় দেখা যায় না। ইহার কাঁটাটি ডায়্যালের (Dial; শঙ্কু-পট্ট) উপর দিয়া প্রতি মিনিটে একবার করিয়া ঘুরিয়া আসে, এবং ঘড়ির মাথা প্রথমবার টিপিবামাত্র ঘড়ি চলিতে থাকে, আর দ্বিতীয়বার টিপিবামাত্র মুহূর্ত মধ্যে ঘড়ি বন্ধ হইয়া যায়। ইহাতে এক সেকেণ্ডেরও কম অংশ ধরা পড়ে, এবং

তৃতীয়বার মাথাটি টিপিবামাত্র কাঁটাটি চক্ষের পলকে শূন্য দাগে ফিরিয়া আসে। স্টপ-ওয়াচ এই সকল কাজের জন্যই ব্যবহৃত হয়।

বেয়ারিং ঢিলা, শাফ্‌ট বাঁকা ইত্যাদি অন্য কোন কারণে যদি মেসিনের আর্মেচার ফীল্ড-পোলের গায়ে ঘসড়াইতে থাকে, তবে তাহাতে মোটর চলিতে অধিক শক্তির প্রয়োজন হয় এবং তাহাতেও কম্যুটেটারে আগুন দেয়। এই তিনটি কারণের যে কোনটিতেই হউক না কেন, আর্মেচারে কারেণ্ট এত বেশী হইতে পারে যে, আর্মেচার-কয়েল একেবারে পুড়িয়া যাইতে পারে। এরূপ স্থলে দুইটি কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের মাঝে পোড়া দাগ পড়ে। সেই চিহ্ন হইতেই বুঝা যায় যে, আর্মেচারে অধিক কারেণ্ট যাইতেছে। ফীল্ড-পোলে আর্মেচার ঘস্‌ড়াইতেছে কিনা কিংবা অন্য কোন অংশ বেশী আঁট হইয়া মোটরকে ঘুরিতে বাধা দিতেছে কিনা তাহা জানিবার জন্য মোটর বন্ধ করিয়া আর্মেচারকে আস্তে আস্তে হাতে করিয়া ঘুরাইতে হয়। যেখানে ঠেকিতেছে, আর্মেচারকে ঘুবাইতে সেখানে হাতে বেশী জোর লাগে। যে যে জায়গায় ঘস্‌ড়ায়, সেখানটা চক্‌চক্ করে এবং অনেক সময় কিছু গরমও হয়; ইহা হইতে দোষের জায়গা ধরা পড়ে। যদি ভুলক্রমে বেয়ারিংয়ে তেল দেওয়া না হয়, তাহা হইলেও এ অবস্থা ঘটিতে পারে। মেসিন ছোট হইলে হাতে করিয়া আর্মেচার ঘুরাইয়া কোথায় ঠেকিতেছে তাহা টের পাওয়া যায়। কিন্তু মেসিন বড় হইলে হাত দিয়া ঘুরানো চলে না; তখন অন্য উপায়ে পরীক্ষা (test) করিতে হয়। জেনারেটার বা মোটর চলিবার সময় ভিন্ন ভিন্ন অংশের ঘর্ষণের (friction) জন্য কিছু শক্তির অপচয় ঘটে। বড বড় মেসিনে এই অপচয় উহাদের ক্ষমতার শতকরা চার-পাঁচ ভাগ (4 or 5 per cent) মাত্র হইয়া থাকে। মেসিন ছোট হইলে ইহার পরিমাণ কিছু বৃদ্ধি পায়। তখন ইহা শতকরা ৫ হইতে ১০ ভাগ পর্যন্ত হইয়া থাকে। এখন, যদি জেনারেটারকে মোটরের মত করিয়া কারেণ্ট দিয়া চালানো যায় ও তাহাতে যে শক্তি খরচ হইতেছে তাহা ঐ জেনারেটারের উৎপাদিত শক্তির শতকরা ৫ হইতে ১০ ভাগের বেশী কিনা তাহা বাহির করা হয়, তবে উহার ভিতরে কোন জায়গায় আর্মেচার ঠেকিতেছে কিনা তাহা সহজেই ধরা পড়ে। যেখানে মাত্র একটি জেনরেটার হইতে কারেণ্ট উৎপন্ন হয়, সেখানে এই পদ্ধতির সাহায্যে জেনারেটারকে পরীক্ষা করা চলে না। কিন্তু যদি ব্যাটারি (storage battery) বা কারেণ্ট পাইবার অন্য কোন উপায় সেখানে থাকে, তবে এ পরীক্ষা করা চলিতে পারে।

প্রতিকার। যাহাতে মেসিনের গতিবেগ (speed) ঠিকমত থাকে, তাহা করিতে হইবে। উপযুক্ত বেগে চলিয়াও যদি জেনারেটার অধিক ভোণ্টেজ উৎপন্ন করে, তবে উহার ফীল্ড-সারকিটের সঙ্গে কিছু রেজিস্ট্যান্স যোগ করিয়া দিয়া ফীল্ডের জোর কমাইয়া লইতে হইবে। যদি তাহাতেও না হয়, তবে ফীল্ড-কয়েল খুলিয়া ফেলিয়া নূতন করিয়া কয়েল জড়াইতে হইবে; কিন্তু ইহা প্রায়ই দরকার হয় না। মোটরের ক্ষেত্রে ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স কমাইয়া ফীল্ড দিয়া আরও বেশী

কারেণ্ট পাঠাইলে মোটরের গতিবেগ কম হয়। লাইনে লীক প্রভৃতি থাকিলে কোথায় লীক, সর্ট-সারকিট বা ভূমি-সংযোগ আছে তাহা বাহির করিয়া শুধরাইতে হইবে। বেয়ারিং ঢিলা থাকিলে, তাহা খুলিয়া লইয়া "টান" কাটিয়া দিতে হইবে। আর যদি বেয়ারিং বড় বেশী ঢিলা হইয়া গিয়া থাকে এবং উহা হোয়াইট মেট্যালের (white metal) হয়, তবে বুশের পিতল হইতে পুরাতন হোয়াইট মেট্যাল কাটিয়া বাহির করিয়া পিতলের উপর নূতন করিয়া মেট্যাল গালাইয়া ঢালিতে হইবে এবং লেদে তুলিয়া তাহা ঠিক মাপ মত টার্ণ করিয়া লইতে হইবে। (বেয়ারিং "টান কাটা" সম্বন্ধে "বেয়ারিং গরম" অধ্যায়ের ৩য় কারণের প্রতিকার দেখ)। শাফ্‌ট বাঁকিয়া গেলে তাহা সোজা করা কঠিন ব্যাপার। বাঁকা শাফ্‌ট প্রায়ই ঠিক সোজা হয় না। আবার অনেক সময় শাফ্‌ট এমন জায়গায় বাঁকিয়া যায় যে তাহা সোজা করাও চলে না। শাফ্‌ট বাঁকিয়া গেলে তাহা বদলাইয়া ফেলাই ভাল।

ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স। বাধা দেওয়াকে ইংরাজিতে "রেজিস্ট" (resist) করা বলে ; আর বাধা দেওয়ার ক্ষমতার নাম "রেজিস্ট্যান্স" বা (বাংলায়) রোধ। কোন তার বা পরিবাহী (conductor) দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় কারেণ্ট যে বাধা পায়, তাহাকে ঐ পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স বলে। কোন অন্তরিত (insulated) তারের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় অতি সামান্য হইলেও ইন্‌সুলেশন ফুঁড়িয়া কিছু না কিছু কারেণ্ট অপচয় হয় , ইহার নাম কারেণ্ট লীক (leak) করা। যতটা কারেণ্ট লীক করে, তাহাকে লীকেজ কারেণ্ট (leakage current) বলে। কারেণ্ট যত বেশী লীক করে ততই ক্ষতি। আর তারের উপরে যে অন্তরণ দেওয়া থাকে, তাহা লীকেজ কারেণ্টকে যত বেশী বাধা দিতে (রেজিস্ট করিতে) পারে ততই লাভ। সুতরাং তারের ইন্‌সুলেশনের রেজিস্ট্যান্স যত বেশী হয় ততই ভাল। "ইন্‌সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স" বলিতে ইহাই বুঝায়। কারেণ্ট যেমন অ্যাম্পিয়ারে মাপা হয়, রেজিস্ট্যান্স তেমনি মাপা হয় "ওম"-এ (ohm)। দশ লক্ষ ওমের (১০,০০,০০০) নাম মেগ-ওম (megohm)। ইন্‌সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স সাধারণতঃ মেগ-ওমে মাপা হইয়া থাকে।

তারের যেমন ইন্‌সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স মাপা দরকার, মেসিনেরও তেমনি ইন্‌সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স মাপা প্রয়োজন। কেন না ইহার উপরেই মেসিনের অবস্থার ভাল-মন্দ নির্ভর করে। যদি মেসিনের ইন্‌সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স এত বেশী হয় যে আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল, কম্যুটেটার প্রভৃতি যে-সব অংশ দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহা হইতে কিছুমাত্র কারেণ্ট লীক করিতে না পারে, তবে তাহা অপেক্ষা বেশী ভাল আর কিছু হইতে পারে না। এমন অবস্থায় মেসিনের ইন্‌সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স "ইন্‌ফিনিটি" (Infinity ; অনন্ত) হয়। লীকেজ কারেণ্টের পরিমাণ যত বৃদ্ধি পাইতে থাকে, বুঝিতে হইবে মেসিনের ইন্‌সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স তত কমিতেছে। যখন "ইন্‌ফিনিটি" না হয়, তখন তার বা মেসিনের ইন্‌সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স মেগ-ওমে মাপা হয় (যেমন

৫'০ মেগ-ওম্; ১'৫ মেগ-ওম্; ইত্যাদি)। লীকেজ কারেণ্ট আরও বেশী হইলে ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স আরও কম হয়; তখন উহা আর মেগ্-ওমে মাপা চলে না। অবশেষে যখন কারেণ্ট সবটুকুই লীক করে, তখন ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স শূন্য হইয়া যায়। ইহা মেসিনের একেবারে সর্ট-সারকিটের অবস্থা। অতএব দেখা যাইতেছে যে, যদি কোন মেসিনের ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স "ইন্ফিনিটি" হয়, তবে তাহাতে "গ্রাউণ্ড" বা ভূমি-সংযোগ থাকিতে পারে না।

এই ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স-টেষ্ট মেসিনের পক্ষে কত যে দরকারী, তাহা এখন কাহারও বুঝিতে বাকী থাকিবে না। মেসিনের আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল প্রভৃতি ভিন্ন ভিন্ন অংশের ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স সম্ভব হইলে ইন্ফিনিটি হওয়াই উচিত,—অর্থাৎ উহাতে যেন একেবারে "গ্রাউণ্ড" না থাকে; কিন্তু কার্যতঃ তাহা হয় না।

কোন মেসিন চালাইবার জন্য ওয়্যারিং (wiring) শেষ করিয়া মেসিনকে যথাস্থানে বসাইয়া লাইনের সঙ্গে সংযোগ করিবার পূর্বে ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স-টেষ্ট করিতে হয়। দুই রকম যন্ত্র দিয়া এই পরীক্ষা করা যায়,—(১) ভোল্টমিটার দিয়া; (২) মেগার টেষ্টিং সেট (Megger Testing Set) দিয়া। মেগার অথবা ভোল্ট-মিটার দিয়া কিরূপে এই পরীক্ষা করা যায় তাহা প্রথম অধ্যায়ের অষ্টম পরিচ্ছেদে বলা হইয়াছে।

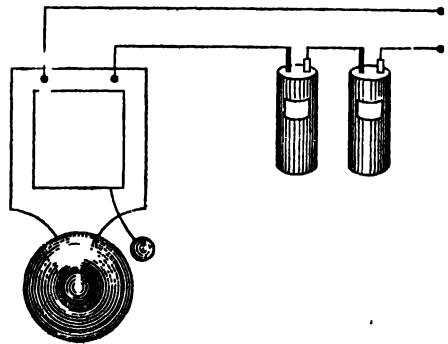
৪র্থ কারণ। আর্মেচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট, উহার কয়েলের মুখ উল্টাপাল্টা হইয়া যাওয়া, অথবা আর্মেচারে "আর্থ" (earth) হওয়া।

লক্ষণ। আর্মেচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকিলে আর্মেচার আস্তে আস্তে ঘুরিলেও কম্যুটেটারে আগুন দেয়। কিন্তু এই আগুন দেওয়ার একটু বিশেষত্ব আছে। যদি একটিমাত্র কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকে, তবে সেই কয়েলটির দুই প্রান্ত (terminals or loop) কম্যুটেটারের যে-দুইটি সেগ্মেণ্টের সহিত ঝালা থাকে, সেই সেগ্মেণ্ট দুইটি যখন ব্রাশের নীচে আসে, তখনই তাহা হইতে আগুন বাহির হয়। এই আগুনের পরিমাণ কিছু বেশী, ও প্রতি পাকে ইহা মাত্র একবার করিয়া দেখা দেয়। আর্মেচার বেশী জোরে ঘুরিলে ও সর্ট-সারকিট একটু বেশী হইলে কম্যুটেটারের চারিদিকে একটি আগুনের রিং-এর মত দেখা যায়।

কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকিলে জেনারেটারের আর্মেচারকে ঘুরাইতে ইঞ্জিনের বেশী জোর লাগে। এমন কি অনেক সময় ইঞ্জিনের গতিবেগ কম হইয়া যায়। মোটরের ক্ষেত্রে অ্যাম্মিটারে বড় বেশী কারেণ্ট দেখায়, প্রায়ই সারকিটের ফিউজ-তার পুড়িয়া যায়। এমন কি যে কয়েলে সর্ট-সারকিট হইয়াছে, তাহা জ্বলিয়া পর্যন্ত যায়। যে কয়েলে সর্ট-সারকিট হইয়াছে অন্য কয়েল অপেক্ষা তাহা অধিক গরম হয়, এবং কয়েলের উপরে যে পালিশ বা রং লাগান থাকে তাহা গলিয়া গিয়া পোড়া গন্ধ বাহির হয়। সর্ট-সারকিট হইলে মেসিন শীঘ্রই পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য অবিলম্বে উহা বন্ধ করা উচিত। আবশ্যক হইলে মেসিনকে এক-আধ বার চালানো

যাইতে পারে বটে, কিন্তু তাহাও অতি অল্পক্ষণের জন্য। একবার চালাইবার পর কয়েলকে ঠাণ্ডা হইবার সময় না দিয়া আবার চালাইতে নাই। গরম অবস্থায় চালাইতে গেলে কয়েল পুড়িয়া যাইবে। যখন মেসিন চলিতে থাকে, তখন একটা লোহা বা স্ক্রু-ড্রাইভার (screw driver; ত্রিভুং বা প্যাঁচকষ্) মেসিনের দুই পোলের মাঝখানে শক্ত করিয়া ধরিয়া থাকিলে যতবার ঐ সর্ট-সারকিটযুক্ত কয়েল উহার কাছ দিয়া যাইবে, ততবারই ঐ লোহাকে টানিতে থাকিবে। এই টান মেসিনের প্রত্যেক পাকে কেবলমাত্র একবার করিয়া হইবে। এই উপায়ে পরীক্ষা করিবার সময় লোহা বা স্ক্রু-ড্রাইভারকে খুব শক্ত করিয়া ধরিয়া না রাখিলে উহা মেসিনের মধ্যে চলিয়া গিয়া মেসিনকে নষ্ট করিয়া দিতে পারে। যখন একসঙ্গে অনেকগুলি কয়েলে সর্ট-সারকিট হয়, তখন মোটর আস্তে চলে এবং মোটরকে চালাইতে অধিক জোর লাগে। এই অবস্থায় ফীল্ডের জোর কিন্তু ঠিকই থাকে। কখন কখন আর্মেচারের প্রান্ত বা লুপ কম্যুটেটারের সহিত ঝালিবার সময় ভুলক্রমে উল্টাপাল্টা হইয়া যায়, আর তাহাতেও এই দোষ হইতে পারে। যখন মেসিন সবেমাত্র মেরামত হইয়া আসিয়াছে, বা কোন নূতন মেসিনে এই দোষ দেখা দিতেছে, তখনই এইটি সন্দেহ করিতে হইবে, নচেৎ নহে। সর্ট-সারকিট একই কয়েলের ভিন্ন ভিন্ন তারের মধ্যেও হইতে পারে, আবার এক কয়েলের সহিত অন্য কয়েলেরও হইতে পারে। কখন কখন আর্মেচারের কয়েল জড়াইবার সময় সামান্য ঢিলা থাকার দরুন এমন সর্ট-সারকিট হইতে দেখা যায় যে, মেসিন চালু করা মাত্র সর্ট-সারকিটের লক্ষণ প্রকাশ পায়; কিন্তু মেসিন থামিলে আর কিছু বুঝা যায় না। এইরূপ দোষ ধরা বড় কঠিন। ইহাকে "ফ্লাইং সর্ট-সারকিট" (flying short-circuit) বলে। যখন কোন কয়েলের কোন অংশ অন্তরণ বা ইন্সুলেশন্ নষ্ট হইয়া যাওয়াতে শাফ্ট্, আর্মেচার-কোর বা অন্য কোন ধাতুর সহিত ঠেকিয়া যায়, তখন যে সর্ট-সারকিট হয় তাহাকে "আর্থ" (earth) বা "গ্রাউণ্ড" (ground) বলে। অনেক মিস্ত্রী ইহাকে "বডি-শর্ট" (body short)-ও বলিয়া থাকে। যদি মেসিনের অন্য অংশের ইন্সুলেশন্ ভাল থাকে, তবে একটিমাত্র "আর্থে" কিছু দোষ হয় না। কিন্তু যদি দুই বা ততোধিক জায়গায় "আর্থ" হয়, তবে তাহাতে সর্ট-সারকিটের সমস্ত লক্ষণই প্রকাশ পায়। সারকিটের ভোল্টেজ ২২০ ভোল্ট অপেক্ষা বেশী হইলে নিয়ম অনুসারে মেসিনের "বডি" (body) অর্থাৎ ফ্রেম (frame) ইত্যাদি সমস্তই "আর্থ" করিতে হয়। এইরূপ স্থলে একটিমাত্র "গ্রাউণ্ডেই" সর্ট-সারকিটের লক্ষণ দেখা দেয়। যেখানে বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র (Generating Station) হইতে অনুবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ তিনগাছা তারের সাহায্যে (three-wire D. C. system) সরবরাহ করা হয়, সেখানে মাঝের তারকে "নিউট্র্যাল লাইন" (neutral line) বলে। এই নিউট্র্যাল-তার প্রায়ই "আর্থ" করা থাকে। এমন জায়গায় একটি মাত্র গ্রাউণ্ডেই মেসিনে সর্ট-সারকিটের সমস্ত দোষ দেখা দেয়। ট্রামওয়ে প্রভৃতিতে যেখানে রেল দিয়া কারেন্ট ফিরিয়া যায় (earth-return), সেখানেও এই কথা খাটে।

প্রতিকার। যে কয়েলে সর্ট-সারকিট হইয়াছে, সেটিকে খুলিয়া লইয়া তাহার জায়গায় আবার নূতন করিয়া তার জড়ানো ভিন্ন অন্য কোন উপায় নাই। একটিমাত্র জায়গায় সর্ট-সারকিটের জন্য প্রায়ই সমস্ত কয়েল খুলিয়া ফেলিয়া আর্মেচারকে একেবারে নূতন করিয়া জড়াইতে হয়। তবে অনেক সময় এমন হয় যে, যেখানে আর্মেচারের লুপ কম্যুটেটারের সহিত জোড়া থাকে, সেখানকার রাং-ঝাল (solder) গলিয়া গিয়া উহার পাশের সেগ্‌মেণ্টের সহিত লাগিয়া যায়। এমনস্থলে ঐ রাংটুকু ছাড়াইয়া দিলেই দোষ দূর হয়। কখন কখন আবার দুই বা ততোধিক কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের মাঝের অভ্রের ইন্‌সুলেশন্ ক্ষয় হইয়া যায় এবং তাহার ভিতরে কার্বন কিংবা তামার কুচি জমিয়াও সর্ট-সারকিট হইয়া থাকে। এমন অবস্থায় একখানি ছুরির ডগা বা "আঁচড়া" দিয়া আস্তে আস্তে সেগুলি পরিষ্কার করিয়া দিলে দোষ দূর হইবে। যখনই কোন সারকিটের ফিউজ-তার (circuit-fuse) বারবার পুড়িয়া যাইতে থাকে, তখনই সে জায়গায় সর্ট-সারকিট হইয়াছে বলিয়া সন্দেহ করিতে হইবে। অনেক সময় এই সর্ট-সারকিট বাহিরেই (যথা, বাতি, সুইচ্, লাইন ইত্যাদিতে) ঘটিয়া থাকে। ইহাতে সারকিটের ফিউজই বার বার পুড়িয়া যায়, কিন্তু ডাইনামোর কম্যুটেটারে আগুন দেয় না। আর্মেচারের প্রান্ত উল্টাপাল্টা হইয়া থাকিলে তাহাদিগকে খুলিয়া নিজের নিজের জায়গায় ঝালিয়া দিতে হইবে। মেসিনে আর্থ বা গ্রাউণ্ড হইলে পরীক্ষা করিয়া সেই গ্রাউণ্ডের জায়গা বাহির করিতে হইবে, এবং সম্ভব হইলে আবার সেই অংশে নূতন করিয়া ইন্‌সুলেশন্ দিয়া আর্মেচারের কয়েল জড়াইতে হইবে।

"আর্থ" বা "গ্রাউণ্ড" এইরূপে ধরিতে পারা যায়ঃ—দুই-তিনটি "সেল" বা ড্রাই ব্যাটারি ও একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা (electric bell) পরস্পরের সহিত সিরিজে জুড়িয়া দিয়া ঘণ্টার এক প্রান্তের তার আর্মেচার-শাফ্‌টের সহিত লাগাইয়া দিতে হয়। আর্মেচার-কয়েলের প্রান্তগুলি কম্যুটেটার হইতে একে একে খুলিয়া লইয়া প্রত্যেকটির মুখ উঁচুদিকে বাঁকাইয়া সাবধানে পরে পরে সাজাইয়া রাখিবার পর সেলের অন্য প্রান্তের তার আর্মেচার-কয়েলের প্রান্তগুলির সহিত একটির পর একটি ঠেকাইলে যে কয়েলের

বৈদ্যুতিক ঘণ্টা দিয়া পরীক্ষা করা
২০০নং চিত্র

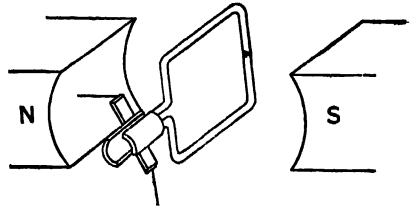
সহিত শাফ্‌টের "আর্থ" আছে সেই কয়েলে ঠেকিবামাত্র ঘণ্টা বাজিয়া উঠিবে। ইহার দ্বারা কোন্ কয়েলটির সহিত শাফ্‌টের "আর্থ" বা "গ্রাউণ্ড" হইয়াছে তাহা ধরা যায়। ঘণ্টার পরিবর্তে একটি টেষ্ট-বাতিও ব্যবহার করা চলে। যদি সরবরাহ লাইন

হইতে বা অন্য কোন উপায়ে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া যায়, তবে নিকটের কোন একটি সুইচ (switch) বা কাট্-আউট্ (cut-out) হইতে একটি লাইনের সহিত বাতি ও অন্যটির সহিত একটি তার জুড়িয়া দিয়া (কোন্ লাইনের সহিত বাতি ও কোন্ লাইনের সহিত শুধু তার যোগ করিতে হইবে, তাহার কোন ধরা-বাঁধা নিয়ম নাই ; দুইটি লাইনের যে কোনটির সহিত যে কোনটি সংযোগ করিলেই চলে) ঐ তার আর্মেচার-শাফ্‌টের সহিত যোগ করিলে উপরের মত "আর্থ" বাহির করা যায়। এস্থলে যে কয়েলে "আর্থ" আছে, সেই কয়েলের সহিত তারের অন্য টার্মিন্যাল ঠেকিবামাত্র ঘণ্টার বদলে বাতি জ্বলিয়া উঠিবে। বাতি যত জোরে জ্বলিবে, "আর্থ" তত বেশী আছে বুঝিতে হইবে। এই উপায়ে আর্মেচারের সর্ট-সারকিটও বাহির করা যায়। তবে ইহাতে ভাল কয়েলগুলি পরীক্ষা করিবার সময় যত জোরে (এবং একই রকম জোরে) বাতি জ্বলিবে, দোষস্থ কয়েল পরীক্ষা করিবার সময় বাতি তাহা অপেক্ষা আরও বেশী জোরে জ্বলিবে।

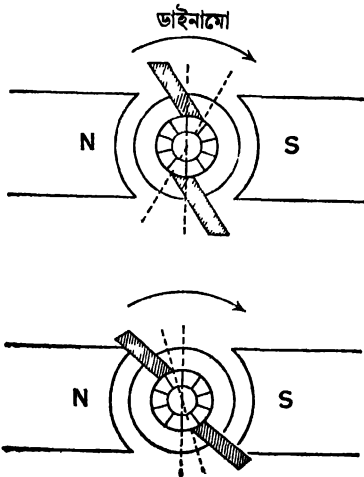
অন্য আর এক উপায়ে "গ্রাউণ্ড" পরীক্ষা করিবার সময় কম্যুটেটার হইতে আর্মেচার-কয়েলের লুপগুলি খুলিবার দরকার করে না। কম্যুটেটারের উপর একগাছা আদুড় (bare) তামার তার এমন করিয়া জড়াইয়া দিতে হয় যাহাতে উহার সব সেগ্‌মেণ্টগুলিই তারের সহিত ঠেকিয়া থাকে। এখন, যদি লাইন হইতে একটি তার কম্যুটেটারের সহিত আর বাতি হইতে যে তার আসিয়াছে তাহাকে শাফ্‌টের সহিত ঠেকানো যায়, তাহা হইলে "গ্রাউণ্ড" থাকিলে বাতি জ্বলিয়া উঠিবে, অর্থাৎ যেখানে "আর্থ" আছে সেখান দিয়া কারেণ্ট যাইতে থাকিবে। এইবার যদি একটি ছোট চুম্বক দড়ি দিয়া ঝুলাইয়া (একটি সূচকে কোন চুম্বকের উপর বা ডাইনামোর ফীল্ড-পোলের উপর ঘসিয়া লইয়া চুম্বকে পরিণত করিলেও চলিতে পারে) একে একে আর্মেচার-কয়েলগুলির নিকট ধরা যায়, তবে যে কয়েলে "আর্থ" আছে তাহার নিকট চুম্বক আসিবামাত্র হয় ঐ কয়েল চুম্বকটিকে টানিয়া লইবে, আর না হয় চুম্বকটি কয়েলের নিকট হইতে সরিয়া যাইবে। ইহা হইতে বুঝা যাইবে যে সেই কয়েলে "আর্থ" আছে। "আর্থ" বাহির করিবার সময় একসঙ্গে এতগুলি বাতি প্যার্য়ালেলে ব্যবহার করিতে হইবে যাহাতে ঐ মেসিনের আর্মেচার দিয়া যত কারেণ্ট যাওয়া নিয়ম তাহা অপেক্ষা বেশী কারেণ্ট না যায়। এইভাবে পরীক্ষা করিবার সময় আর্মেচারকে মেসিনের বাহিরে আনিয়া পরীক্ষা করাই ভাল। যদি তাহা করা না হয়, তবে আর্মেচারে কারেণ্ট দিবার আগে মেসিনের ব্রাশগুলি কম্যুটেটারের উপর হইতে তুলিয়া লইতে হইবে।

৫ম কারণ। ব্রাশ ঠিক জায়গায় বসানো নাই।

লক্ষণ ও প্রতিকার। যে মেসিনে মাত্র দুইটি ফীল্ড-পোল থাকে, তাহাতে একটি ব্রাশ কম্যুটেটারের উপরের দিকে থাকিলে অন্যটি ঠিক নীচের দিকে অর্থাৎ

১৮০ ডিগ্রী দূরে থাকিবে। মেসিনে চারিটি পোল থাকিলে, একটি ব্রাশ অন্যটি হইতে ৯০ ডিগ্রী দূরে থাকিবে। ইহাই ব্রাশ বসাইবার ঠিক জায়গা, নইলে কম্যুটেটারে আগুন দেয়। যে জায়গায় "ব্রাশ-রকার" রাখিলে কম্যুটেটারে আগুন দেয় না, ভাল মেসিনে সেখানে একটি দাগ দেওয়া থাকে। যদি সেই দাগ অনুযায়ী রকার বসানো না থাকে, কিংবা যদি দাগ দেখিতে না পাওয়া যায়, তবে রকারের হাতলকে (rocker-handle) একটু এদিকে-ওদিকে ঘুরাইলে কম্যুটেটারে আগুন দেওয়াও কম-বেশী হইতে থাকে। জেনারেটার ও মোটরে ঠিক কোন্ জায়গায় ব্রাশ বসাইলে কম্যুটেটারে আগুন দেয় না, তাহা ২০১নং চিত্র হইতে বুঝা যাইবে।

যে কয়েল দুই পোলের ঠিক মাঝে থাকে, তাহার দুই প্রান্তের কম্যুটেটার-সেগমেন্টের মধ্যে ভোল্টেজ থাকে না।

২০১নং চিত্র

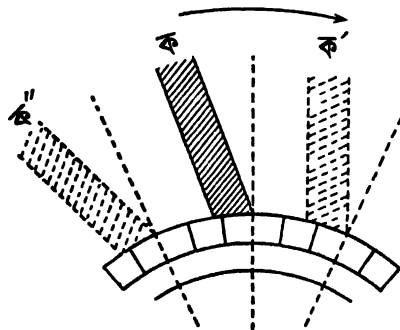
এই চিত্রে একটি দুই পোল ওয়ালা (bi-polar) মেসিনের নক্সা (sketch) দেওয়া হইয়াছে। ইহাতে আর্মেচার-কয়েল যে জায়গায় দেখানো হইয়াছে, তাহাকে "নিউট্র্যাল অ্যাক্সিস্" (neutral axis; উদাসীন অক্ষ) বলে। আর ব্রাশ দুইটি যে জায়গায় আছে, তাহাই উহাদের ঠিক জায়গা। দুই পোল-ওয়ালা মেসিনের নিয়ম এই যে, দুইটি পোলের ঠিক সম্মুখে ও মাঝখানে ব্রাশ থাকিবে। যদি না থাকে, তবেই কম্যুটেটারে আগুন দিবে। কিন্তু কার্যতঃ আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য তাহার একটু এদিক-ওদিক হইয়া থাকে। যেদিকে মেসিন ঘোরে, জেনারেটারের ক্ষেত্রে ব্রাশকে সেইদিকে আরও একটু সরাইয়া দিতে হয়, আর মোটরের ক্ষেত্রে ব্রাশকে তাহার উল্টাদিকে সরাইয়া দিতে হয় (২০২নং চিত্র)।

যে-সকল মেসিনে "ইন্টারপোল" নাই, তাহাতে লোড পড়িলে জেনারেটারের ক্ষেত্রে ব্রাশকে "নিউট্র্যাল অ্যাক্সিস" হইতে আবর্তনের অভিমুখে (উপরের ছবি) আর মোটরের ক্ষেত্রে আবর্তনের বিপরীতে (নীচের ছবি) সরাইয়া দিতে হয়, নইলে কম্যুটেটারে আগুন দিতে পারে

২০২নং চিত্র

ঠিক জায়গায় ব্রাস বসানো আছে কিনা তাহা আন্দাজে বুঝা যায় না। কম্যুটেটারে যতগুলি সেগ্‌মেন্ট আছে প্রথমে তাহা গণনা করিতে হয়, এবং যতগুলি ব্রাশ আছে সেগুলি কম্যুটেটারের উপরে

ঠিক সমান দূরে দূরে বসানো আছে কিনা তাহা দুইটি ব্রাশের বা ব্রাশ-লাইনের মধ্যের কম্যুটেটার সেগ্‌মেন্ট গণনা করিয়া দেখিতে হয়।

আজকাল যে-সকল "ইণ্টার-পোল" ওয়ালা জেনারেটার ও মোটর তৈরী করা হয়, তাহাতে ব্রাশকে রকারের সাহায্যে সরাইবার প্রয়োজন হয় না। উহার ঠিক জায়গা "নিউট্র্যাল অ্যাক্সিস"-এর উপর। মোটরকে যে-কোন দিকে চালাইতে হইতে পারে বলিয়া উহার ব্রাশ কম্যুটেটারের উপর খাড়াভাবে বসানো থাকে। ইহাকে "রেডিয়্যাল" ব্রাশ (radial brush) বলে। কিন্তু জেনারেটারকে সাধারণতঃ কোন এক বিশিষ্ট দিকে ঘুরাইবার জন্যই প্রস্তুত করা হয়। তাই উহার ব্রাশ বাঁকা (inclined) ভাবে বসানো থাকে। ২০৩ নং চিত্রে বাঁকাভাবে বসানো তিনটি ব্রাশের অবস্থান দেখানো হইয়াছে। কম্যুটেটার যেদিকে ঘোরে, ব্রাশ তাহার বিপরীত দিকে হেলান অবস্থায় আছে। ইহাতে ব্রাশের যে মুখটা সুচাল, কম্যুটেটার সেই মুখ দিয়া ব্রাশ হইতে বাহির হইয়া যায়। ব্রাশের এই মুখকে "ট্রেলিং টিপ" (trailing tip) বলে। কম্যুটেটারের কেন্দ্র হইতে ব্রাশের অক্ষ (axis) পর্যন্ত একটি ব্যাসার্দ্ধ টানিলে ঐ ব্যাসার্দ্ধ ও ব্রাশের অক্ষ-রেখা পরস্পরের মধ্যে যে কোণ উৎপন্ন করিবে, তাহা যেন ৫ হইতে ১৫ ডিগ্রীর মধ্যে থাকে।

যদি দুই পোল-ওয়ালা মেসিনের ফীল্ড-পোল শয়ান-ভাবে (horizontally) অবস্থিত থাকে, তবে ক-চিহ্নিত ব্রাশ যে ফুটকী ফুটকী রেখা ছুঁইয়া আছে তাহাই "নিউট্র্যাল অ্যাক্সিস"; উহা দুই পোলের মাঝখানে অবস্থিত। যদি মেসিন জেনারেটার হয়, তবে চলন্ত অবস্থায় ব্রাশকে ক′-নির্দিষ্ট স্থানে আর মেসিন মোটর হইলে ক″-স্থানে সরাইয়া দিতে হয়। উভয় ক্ষেত্রেই মেসিনের আবর্ত্তনের অভিমুখ দক্ষিণাবর্ত্তে (clock-wise)।

২০৩নং চিত্র

মনে কর, ব্রাশ কম্যুটেটারের উপর ঠিক জায়গায় আছে এবং কোন আগুন দেখা দিতেছে না [২০৩নং চিত্রের ('ক')]। এখন যদি ব্রাশকে মেসিন যেদিকে ঘোরে সেইদিকে কিছু আগাইয়া কিংবা কিছু পিছাইয়া দেওয়া হয় [যেমন ('ক′) অথবা ('ক″)] তাহা হইলে দুইয়েতেই কম্যুটেটারে আগুন দিতে থাকিবে। নিউট্র্যাল্ অ্যাক্সিস্ হইতে সম্মুখে কিংবা পিছনে ব্রাশ যত সরানো যাইবে, আগুন দেওয়া ততই বৃদ্ধি পাইবে। ব্রাশ ভুল জায়গায় বসানো হইলে মোটর একেবারে চলে না এবং ফিউজ-তার পুড়িয়া যায়। মেসিন জেনারেটার হইলে উহাতে ভোল্টেজ দেখায় না। এই দোষটি প্রায়ই ঘটিয়া থাকে। যদি ব্রাশগুলি সমান বখরায় বাঁধা থাকে, তবে রকারের হাতল ধরিয়া

এদিক-ওদিক ঘুরাইয়া যে জায়গায় কম্যুটেটারে সর্বাপেক্ষা কম আগুন দেয় বা একেবারেই দেয় না সেই জায়গায় আঁটিয়া দিতে হয়।

৬ষ্ঠ কারণ। আর্মেচারের লুপ (loop) বা তার ছেঁড়া।

লক্ষণ। আর্মেচারের লুপ বা তার ছেঁড়া থাকিলে কম্যুটেটারে বড় বেশী আগুন দেয়। যে সেগ্‌মেণ্টের সহিত ঐ ছেঁড়া তার বা ছেঁড়া কয়েলের লুপ সংযুক্ত থাকিবার কথা, সেই সেগ্‌মেণ্ট ও তাহার পাশের সেগ্‌মেণ্টের মধ্যে অভ্রের ইন্‌সুলেশনে একটা পোড়া কাল দাগ পড়ে; আগুন অধিক হইলে পুড়িয়াও যায়। বড় বেশী সর্ট-সার্কিট হইলেও এই অবস্থা হয়। যদি আর্মেচারের লুপ ছেঁড়া থাকে, তবে অনেক সময় তাহা চোখে দেখা যায়। যদি দেখা না যায়, তবে যেরূপে সর্ট-সারকিটের পরীক্ষা করিতে হয়, সেইরূপে ইহাও বাহির করা যায়। এরূপ স্থলে কম্যুটেটার হইতে আর্মেচারের লুপগুলি খুলিয়া লইয়া প্রত্যেক কয়েলের দুইটি প্রান্ত চিহ্নিত করিয়া রাখিতে হয়। পরে সেই দুইটি প্রান্তের সহিত বাতি বা ঘণ্টার তার ঠেকাইলে উহা জ্বলিবে বা বাজিতে থাকিবে। কিন্তু যে তারে কাঁটা আছে, তাহাতে কিছুই হইবে না। কয়েলের ভিতরকার তার সাধারণতঃ কম ছিঁড়ে। যেখানে আর্মেচার-কয়েলের লুপ কম্যুটেটারের সহিত জোড়া থাকে, অধিকাংশ সময়ে সেইখানেই দোষ হয়। রাং-ঝাল খুলিয়া গেলে তাহা সহজেই নজরে পড়ে। তখন উহাকে আবার ঝালিয়া দিলেই দোষ দূর হয়।

প্রতিকার। কয়েলের ভিতরের তার ছিঁড়িয়া গেলে সমস্ত কয়েলগুলি খুলিয়া ফেলিয়া আবার নূতন করিয়া জড়ানো ভিন্ন অন্য উপায় নাই। এইরূপ কাজ সময় সাপেক্ষ। কিন্তু যদি কাজের বড় বেশী তাড়া থাকে, তবে তখনকার মত মেসিনকে এই উপায়ে চালাইয়া দিতে পারা যায়:—যে কয়েলে কাটা বাহির হইয়াছে, তাহার সহিত কম্যুটেটারের যে সেগ্‌মেণ্ট জোড়া আছে সেই সেগ্‌মেণ্ট একটু তার দিয়া পাশের সেগ্‌মেণ্টের সহিত সর্ট-সারকিট করিয়া দিতে হয় (২০৪নং চিত্র)। তার দিয়া সর্ট-সারকিট না করিয়া ঐ দুই সেগ্‌মেণ্টের মধ্যে যে অভ্রের ইনসুলেশন্ আছে, তাহার জায়গায় একটি তামার সরু পাত হাতুড়ী দিয়া সমান করিয়া ঢুকাইয়া দিলেও কাজ চলে। পরে যখন আর্মেচার-কয়েল ভাল করিয়া জড়ানো হয়, তখন তামার পাত তুলিয়া লইয়া ঐ জায়গায় একটি কাঠ মারিয়া দেওয়া যাইতে পারে।

২০৪নং চিত্র

উপরে যে উপায় দুইটি বলা হইল, উহাদের প্রথমটিই সচরাচর ব্যবহার করা হয়। বিশেষ আবশ্যক বিবেচনা না করিলে দ্বিতীয় উপায়টি অবলম্বন করা হয় না। কেন না, উহাতে কম্যুটেটার খারাপ হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

৭ম কারণ। ফীল্ড-ম্যাগ্‌নেটের জোর কম, অথবা সবগুলি চুম্বকের জোর সমান নহে।

লক্ষণ। কোন একটি ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ (connection) উল্টা হইয়া গেলে, কিংবা উহাতে সর্ট-সারকিট, "আর্থ" অথবা তার ছেঁড়া থাকিলে ফীল্ডের জোর সমান থাকে না বা কমিয়া যায়। যদি মেসিনের ফীল্ড-কয়েল খুলিয়া লইয়া কোন প্রকারে মেরামত করিবার পরে আবার তাহাকে লাগানো হইয়া থাকে, তবে ভুলক্রমে কয়েল উল্টা করিয়া লাগানো হইতে পারে, আর তাহাতে উহাদের জোর কম-বেশী হয়। এইরূপ অবস্থায় জেনারেটারে বড় বেশী আগুন দেয়, ভোল্টেজ ওঠে না এবং মেসিনে একরূপ "ক্যাঁ" করিয়া বড় জোরে আওয়াজ হয়। ইহার উপর যদি আগুন দেওয়া কম করিবার জন্য ব্রাশ-রকার একটু এদিক-ওদিক করা যায়, তবে সঙ্গে সঙ্গে ঐ শব্দেরও কম-বেশী হইতে থাকে। কম্যুটেটার হইতে ব্রাশগুলি তুলিয়া লইয়া ফীল্ড-কয়েলের ভিতর দিয়া কারেণ্ট পাঠাইয়া কোন ঝুলানো চুম্বক অথবা কম্পাস পোল-কোরের নিকট ধরিলে বুঝা যায় কোন্ কয়েলটি উল্টা করিয়া লাগানো হইয়াছে; কারণ সেই পোলের চুম্বকত্বের জোর অন্যগুলি অপেক্ষা কম হয়। মেসিনে কেবলমাত্র দুইটি পোল থাকিলে এই পরীক্ষার দ্বারা কয়েলের জোরের কম-বেশী বেশ স্পষ্ট বুঝিতে পারা যায়। কিন্তু মেসিন ছোট হইলে এবং উহাতে চারিটি পোল থাকিলে ইহার দ্বারা চুম্বকের জোর ততটা স্পষ্ট বুঝিতে পারা যায় না। কারণ, এরূপ স্থলে উহার অন্য দুইটি পোলের চুম্বকত্ব নিকটবর্তী থাকার জন্য একটির প্রভাব অন্যটির উপর পড়ে। দুই পোলের মেসিনে একটি উত্তর মেরু ও অন্যটি দক্ষিণ মেরু। কিন্তু বহুপোল বিশিষ্ট (multi-polar) মেসিনে যতগুলি উত্তর মেরু, ততগুলি দক্ষিণ মেরু থাকে, এবং তাহারা একটি উত্তর, একটি দক্ষিণ, তাহার পরে আবার উত্তর ও তাহার পরে আবার দক্ষিণ,—এইরূপ পর্যায়ক্রমে উত্তর, দক্ষিণ, উত্তর, দক্ষিণ হইয়া থাকে।

এখন, ইহাদের মধ্যে যদি একটি পোল উল্টা হইয়া যায়, তবে যতগুলি উত্তর মেরু, ততগুলি দক্ষিণ মেরু থাকে না; সেইজন্যই মেসিনে দোষ জন্মায়। সাণ্ট মোটরে এই দোষ জন্মিলে সাধারণতঃ উহা যত জোরে ঘোরা উচিত তাহা অপেক্ষা অধিক জোরে ঘোরে। ফীল্ডের চুম্বকত্ব যখন একেবারে না থাকে, তখন মোটর চলে না, জেনারেটারে ভোল্টেজ দেখায় না। আর্মেচারের সংযোগ ফীল্ডের সংযোগের আগে থাকিলেও সাণ্ট মোটর চলিতে আরম্ভ করিবার সময় আগুন দিয়া থাকে। কোন ফীল্ড-কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকিলে সেইটির জোর অন্যগুলি অপেক্ষা কম হয়। আর্মেচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট হইলে যেমন সেই কয়েল অপরগুলি অপেক্ষা বেশী গরম হয়, ফীল্ড-কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকিলে কিন্তু তাহার ঠিক বিপরীত লক্ষণ দেখা যায়; অর্থাৎ যে কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকে, সেই কয়েলটি অন্য কয়েলগুলি অপেক্ষা ঠাণ্ডা থাকে। যদি ফীল্ডে একটিমাত্র "আর্থ" থাকে আর মেসিনের বহিরাবরণ

"আর্থ" করা না থাকে, তবে তাহাতে কোন দোষ প্রকাশ পায় না। কিন্তু যদি ফীল্ড-সারকিটে পূর্ব হইতেই এক জায়গায় "আর্থ" থাকে, অথবা মেসিনের লোহার অংশ সকল (যথা, শাফ্‌ট, আবরণ ইত্যাদি) "আর্থ" করা থাকে, তবে একটি মাত্র "আর্থে"ই এই দোষ ঘটিবে।

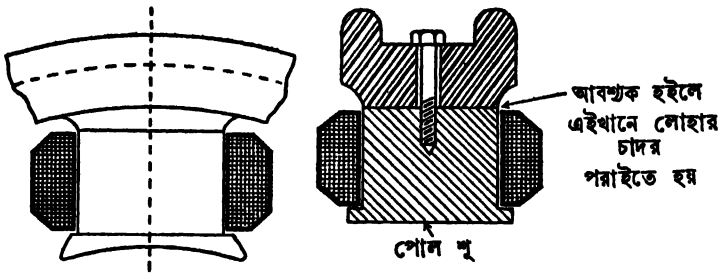
সাণ্ট মেসিনের ফীল্ড-কয়েলের তার ছেঁড়া আছে কি না তাহা এই উপায়ে জানিতে পারা যায় :—

প্রথমে যখন মেসিন দাঁড়াইয়া থাকে, তখন ব্রাশগুলি খুলিয়া লইয়া বা উহাদের তলায় কাঠ দিয়া কম্যুটেটার হইতে তফাৎ করিয়া রাখিতে হয়। পরে মেসিনের কোন টার্মিন্যালের মুহুরী (nut) খুলিয়া লইয়া রেগুলেটার হইতে যে তার মেসিনের ফীল্ডে আসিয়াছে, তাহার যে-কোন একটিকে কেবলমাত্র টার্মিন্যালের সহিত ঠেকাইয়া রাখিতে হয়। এখন, ফীল্ড-কয়েলে কারেণ্ট দিয়া টার্মিন্যাল হইতে তার সরাইয়া লইবার সময় যদি তারের মুখে আগুন (spark) দেখা না দেয়, তবে বুঝিতে হইবে কোন ফীল্ড-কয়েলের তার ছেঁড়া আছে। এইভাবে পরীক্ষা করিবার সময় কারেণ্ট হইতে যাহাতে "শক্" (shock) না লাগে, সেই বিষয়ে পূর্ব হইতে সাবধান হওয়া উচিত। ফীল্ড-ম্যাগ্‌নেটের কাছে এক টুকরা লোহা ধরিলে উহার জোর ঠিক আছে কিনা তাহা বুঝিতে পারা যায়। যদি ঐ লোহাকে চুম্বক খুব জোরে টানে এবং উহা তাহার গায়ে এমন ভাবে আঁটিয়া যায় যে টানিয়া ছাড়াইতে কষ্ট হয়, তবে বুঝিতে হইবে ম্যাগ্‌নেটের জোর ঠিক আছে। সবগুলির বা কোন একটির জোর কম থাকিলে বুঝিতে হইবে উহাতে দোষ আছে।

যে মেসিনে দুইয়ের অধিক পোল আছে (যথা, চারিটি, আটটি, ষোলটি,—ইত্যাদি), সেই মেসিনে একটি নর্থপোল, একটি সাউথপোল, তাহার পর আবার একটি নর্থপোল,—এই রকম করিয়া পোলগুলি বসানো থাকে। মেসিনে প্রত্যেক পোলের জোরই ঠিক সমান হওয়া দরকার। যদি তাহা না হয়, তবে বেশী জোরাল চুম্বকের সম্মুখের আর্মেচার-কয়েলে বেশী ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় এবং সেই বেশী ভোল্টেজ-যুক্ত কয়েলের ভিতর দিয়া কারেণ্ট উল্টাদিকে প্রবাহিত হইয়া কম্যুটেটারে আগুনের সৃষ্টি করে। ফীল্ড-ম্যাগ্‌নেটের জোরের ইতর বিশেষ খুব কম থাকিলেও এই ব্যাপার ঘটিতে পারে এবং তাহা ঘটিয়াও থাকে। এমন কি, এক সেট চুম্বক হইতে অন্য সেটের জোর যদি শতকরা দুই-এক ভাগ কম-বেশী হয়, তবে তাহাতেই আর্মেচারের ভিতর দিয়া পুরা কারেণ্ট যাইতে পারে। এই সময় জেনারেটারের সুইচ মারা না থাকিলেও আর্মেচার দিয়া কারেণ্ট যায় ও কম্যুটেটারে আগুন দেয়। অনেক সময় নূতন মেসিনেও এই দোষ দেখিতে পাওয়া যায়। ঠিক এই দোষটি মেসিনে হইয়াছে কি না তাহা জানিবার জন্য প্রথমে উহার ব্রাশগুলি খুলিয়া লইতে কিংবা ব্রাশগুলিকে উঁচু করিয়া তুলিয়া রাখিতে হয়। পরে ব্রাশের জায়গায় দুইটি তার চলন্ত মেসিনের কম্যুটেটারের উপর ঠেকাইয়া ধরিতে হয়। এই তারের সহিত ভোল্টমিটারের সংযোগ থাকে।

এইরূপ করিলে প্রত্যেক সেট ব্রাশের মধ্যে উৎপন্ন ভোল্টেজের তারতম্য আছে কিনা তাহা জানা যায়।

প্রতিকার। যে কয়েলটি উল্টা করিয়া লাগানো হইয়াছে, তাহাকে ঘুরাইয়া বসাইতে বা তাহার সংযোগ ঘুরাইয়া দিতে হয়।

সাণ্ট মোটরে ফীল্ডের সংযোগ আর্মেচারের সংযোগের আগে হওয়া উচিত। যদি এইরূপ না থাকে, তবে তাহা করিয়া দিতে হইবে। ফীল্ড-কয়েলে সর্ট-সারকিট, "আর্থ" বা কয়েলের তার কাটা থাকিলে যদি ভাসা ভাসা কোন উপায়ে সে দোষ না যায়, তবে পুনরায় নূতন তার দিয়া ফীল্ড-কয়েল জড়াইয়া লওয়াই উহার একমাত্র প্রতিকার। আর্মেচার সকল সময়েই সমস্ত ফীল্ড-পোল হইতে সমান দূরে থাকা উচিত। অনেক সময় বেয়ারিং ক্ষয় হইয়া গিয়া উহা একপেশে হইয়া যায় (out of centre); তখন সব কয়েলে সমান ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় না। আস্তে আস্তে কাঠের প্যানা (wedge) মারিয়া কিংবা "ফীলার গেজ" (feeler gauge) দিয়া প্রত্যেক ফীল্ড-পোল ও আর্মেচারের মধ্যে ঠিক সমান ফাঁক আছে কিনা তাহা দেখিতে হইবে। অনন্তর যদি বেয়ারিংয়ের দোষে ইহা হইয়া থাকে, তবে বুশ (bush) মেরামত করিলে বা বদলাইয়া দিলে দোষটি যাইবে। নূতন মেসিনেও অনেক সময় এই দোষ থাকে। এইরূপ স্থলে উহার ফীল্ড-পোলগুলির উচ্চতা একটু কম-বেশী করিয়া দিলেই দোষ

এক জাতীয় ফীল্ড-ম্যাগ্নেটের গঠনের চিত্র
২০৫নং চিত্র

সারিয়া যায়। আজকাল প্রায় সব মেসিনের ফীল্ড-পোলকেই কাঠামো হইতে খুলিয়া লইয়া উহার ভিতরে লোহার চাদর পরাইয়া দিতে বা উহা হইতে লোহার চাদর খুলিয়া লইতে পারা যায় (২০৫ নং চিত্র লক্ষ্য কর)। দুই পোল-ওয়ালা মেসিনে এই দোষ হয় না। যদি এমন কোন মেসিনে এই দোষ দেখিতে পাওয়া যায় যেখানে ফীল্ড-পোল উচু-নীচু করিবার উপায় নাই, তবে সেখানে ফীল্ড-কয়েলে যত পাক তার জড়ানো আছে তাহা কম-বেশী করিয়া আর্মেচারে ঠিক ভোল্টেজ উৎপন্ন করাই একমাত্র উপায়।

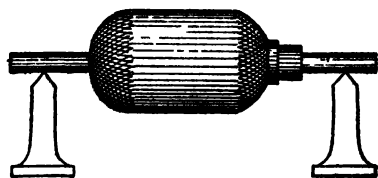
৮ম কারণ। মেসিন কাঁপে।

লক্ষণ। মেসিনের গায়ে হাত বা কাঠি ঠেকাইলে উহা যে বড় বেশী কাঁপিতেছে তাহা বুঝিতে পারা যায়। এই দোষেও কম্যুটেটারে আগুন দেয়। মেসিনের যে অংশ ঘোরে, তাহার সকল দিকের ভার সমান না হইলে সাধারণতঃ মেসিনে এই ধরনের দোষ ঘটিয়া থাকে।

দৃষ্টান্তস্বরূপ একখানি ঢালাই করা লোহার পুলির (pulley , চাকা) কথা ধরা যাইতে পারে। পুলির উপরটা গোল, উহার চারিটি ডাণ্ডা (arms) ও একটি ধুরো (hub or boss) আছে। এইরূপ একখানি পুলিতে সব জায়গায় লোহা সমানভাবে চারাইয়া থাকে বলিয়া উহার ওজনের সামঞ্জস্য বা ভার-সাম্য (balance) প্রায় ঠিকই আছে বলিয়া ধরিয়া লওয়া যায়। কিন্তু যদি জেনারেটার বা মোটরে এই পুলি ব্যবহার করিতে হয়, তবে কেবলমাত্র সামঞ্জস্য আছে ধরিয়া লইলেই চলিবে না। এখানে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে ওজনের ঠিক সামঞ্জস্য আছে কিনা। এই পরীক্ষা নিম্নলিখিত উপায়ে করা যায় :—

দুইটি স্চাল মাথা-ওয়ালা লম্বা অ্যাঙ্গল্ আয়রণ (angle iron) এক চৌরস্ (level) জায়গায় কিংবা একখানি "সার্ফেস প্লেটের" (surface plate) উপর কিছু দূরে দূরে পাতিতে হইবে। অনন্তর পুলিটি শাফ্‌টের উপর পরাইয়া ঐ অ্যাঙ্গল্ আয়রণের উপর রাখিয়া আস্তে আস্তে গড়াইয়া দিতে হইবে। যদি পুলির ব্যাল্যান্স ঠিক না থাকে, তবে যেদিকে উহার মাল বেশী সেইদিকই গড়াইয়া বারবার নীচের দিকে দাঁড়াইতে থাকিবে। এই উপায়ে যে-কোন ঘুরন্ত অংশের (revolving part) ভার-সাম্য পরীক্ষা করিতে পারা যায়! মেসিনের যে যে অংশ ঘোরে, তাহাদের প্রত্যেকটির ভার-সাম্য পৃথক পৃথক ভাবে ঠিক করিয়া লইতে হয়। ব্যাল্যান্স ঠিক না থাকিলে যেদিকে মাল কম থাকে, হয় সেদিকে সীসা (lead), লোহা বা অন্য কোন ধাতু শক্ত করিয়া আঁটিয়া দিতে হয়, আর না হয় যেদিকে মাল বেশী থাকে, সেই দিক হইতে কিছু মাল কুরিয়া বাহির করিয়া দুই দিকের ভার সমান করিয়া দিতে হয়। এইরূপ না করিলে মেসিন জোরে চলিবার সময় উহা কাঁপিতে থাকে আর কম্যুটেটার হইতে আগুন দেয়। ২০৬নং চিত্রে আর্মেচারের ভার-সাম্যতা পরীক্ষা করিবার উপায় দেখানো হইয়াছে।

আর্মেচারের ভার-সাম্যতা পরীক্ষা
২০৬নং চিত্র

বেয়ারিং বা ফাউণ্ডেশন-বোল্ট (Foundation bolts) ঢিলা অথবা বেল্টিংয়ের (belting) জোড় (joint) ভাল না থাকিলে কিংবা ঘন ঘন জোড় থাকিলেও এই দোষ হইতে পারে। যদি জেনারেটার আর ইঞ্জিন একই শাফ্‌টে চলে (direct-driven), তবে ইঞ্জিনের অংশ ঢিলা থাকিলেও তাহার জন্য জেনারেটার কাঁপিতে থাকে।

প্রতিকার। মেসিনের কোন্ অংশ কাঁপিতেছে, প্রথমে তাহা বাহির করিতে হইবে। পরে যদি কোন অংশ ঢিলা থাকার জন্য ঐ দোষ হইয়া থাকে, তবে সেই অংশের দোষ দূর করিতে হইবে। ভার-সাম্যতার অভাবে ঐরূপ হইতেছে সন্দেহ হইলে যে-সকল অংশ ঘোরে, তাহাদের ওজনের সামঞ্জস্য ঠিক আছে কিনা তাহা পৃথক পৃথক ভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে। বেল্টিংয়ের জোড় ভাল না থাকিলে কিংবা ছেঁড়া বেল্টিং অনেক জায়গায় জোড়া দেওয়া থাকিলে উহা বদলাইয়া দেওয়া প্রয়োজন। চলিতে চলিতে ফাউণ্ডেশন-বোল্ট ঢিলা হইয়া গিয়া থাকিলে উহা বেশ করিয়া আঁটিয়া দিতে হইবে।

৯ম কারণ। তামার না হইয়া ব্রোঞ্জ (bronze) কিংবা পিতলের কম্যুটেটার।

লক্ষণ। বিশেষ কোন কারণ নাই, তথাপি আগুন দেয়।

প্রতিকার। এই দোষ সাধারণতঃ কম দামের পাখাতেই থাকে, বড় মেসিনে এই দোষ বড় একটা দেখা যায় না। কার্বন ব্রাশ তামার কম্যুটেটারের সঙ্গেই চলে ভাল। যদি কম্যুটেটার তামার না হইয়া অন্য ধাতুর হয়, তবে তাহাতে প্রায়ই আগুন দেয়। এমনকি তামার কম্যুটেটারেও অনেক সময় অনেক কার্বন ব্রাশ ভাল চলে না। ব্রাশ বদলাইবার পরে অনেক সময় কম্যুটেটারে আগুন দিতে থাকে। পিতলের কম্যুটেটারের সঙ্গে কার্বন ব্রাশ থাকার জন্য যে আগুন দেয়, তাহার একমাত্র প্রতিকার কম্যুটেটার বদলাইয়া ফেলা, নতুবা কিছু না কিছু আগুন প্রায়ই দেখা দিবে।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

মেসিন গরম হওয়া

যখন মেসিন চলিতে থাকে, তখন তড়িৎ-প্রবাহের দরুন উহার আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল, কম্যুটেটার প্রভৃতি অল্পবিস্তর গরম হয়। মেসিন কিছুক্ষণ চলিলে এই সকল অংশ কিছু না কিছু গরম হইবেই। বেশী গরম হইলে মেসিনের অনিষ্ট হয়,—এমনকি উহা পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। সেইজন্য যাহাতে কোন অংশ অতিরিক্ত গরম না হয়, তাহার উপায় করিতে হয়। এই উদ্দেশ্যে মেসিনের উত্তাপ-বৃদ্ধি পরীক্ষা করা একান্ত আবশ্যক। মেসিন মেরামতের পর উহাকে সমস্ত দিন পুরা লোডসহ ক্রমাগত চালানো হয়; পরে উহার কোন অংশ অতিরিক্ত গরম হইয়াছে কিনা তাহা দেখিতে হয়। আর্মেচার কিংবা ফীল্ড-কয়েল যত কারেণ্ট সহ্য করিতে পারে, মেসিন তাহা অপেক্ষা বেশী কারেণ্ট লইলে বা দিলে এইগুলি বেশী গরম হইয়া ওঠে। তখন ইহাদের উপরে যে পালিশ বা রং লাগনো থাকে তাহা গলিতে আরম্ভ করে আর পোড়া-গন্ধ বাহির হয়। আর্মেচার কিংবা ফীল্ড-কয়েল যে বড বেশী গরম হইয়া উঠিয়াছে, ইহা তাহারই চিহ্ন। চলিবার সময় মেসিনকে কখনই এত বেশী গরম হইতে দেওয়া উচিত নহে। অন্য কোন জায়গায় দোষ না থাকিলে এবং কারেণ্টের পরিমাণ বেশী না হওয়া সত্ত্বেও যদি আর্মেচার প্রভৃতি গরম হয়, তবে বুঝিতে হইবে আর্মেচার বা ফীল্ড-কয়েল সরু তার দিয়া জড়ানো হইয়াছে; তাই মেসিন চলিতে চলিতে এত গরম হইয়া উঠিয়াছে। তখন উহাদের কয়েল আবার নূতন করিয়া জড়াইয়া লওয়া ভিন্ন আর কোন উপায় নাই। এই দোষ সাধারণতঃ আর্মেচার আ: ফীল্ড কয়েল মেরামতের পরই দেখা দেয়। অনেক সময় আর্মেচার-কয়েল ঠিক থাকে, কিন্তু কয়েলের লুপ কম্যুটেটারের সহিত ভাল করিয়া ঝালা না থাকায় ভাল সংস্পর্শ (contact) হয় না। সেইজন্য কয়েল গরম হয়, আর গালা প্রভৃতির পোড়া গন্ধ বাহির হইতে থাকে। এমন জায়গায় কম্যুটেটারও খুব গরম হইয়া ওঠে। তখন যে যে লুপ আল্‌গা হইয়া গিয়াছে, তাহাদের আবার ভাল করিয়া ঝালিয়া দিলেই এই দোষ সারিয়া যায়। কম্যুটেটার বড় বেশী গরম হইলে উহার রং বদলাইয়া যায়। তামার রং যেমন লাল, তখন উহা আর তেমন থাকে না; লালের সঙ্গে একটু নীল বা বেগুনে আভা দেখা দেয়। যে কারণেই হউক, বেশী আগুন দিলেই কম্যুটেটার গরম হয়। অনেকবার টার্ণ করিবার পরে সেগ্‌মেণ্টগুলি পাত্‌লা হইয়া যাওয়াতেও কম্যুটেটার গরম হইতে পারে। ইহার একমাত্র প্রতিকার কম্যুটেটার বদলাইয়া ফেলা। নূতন বুশ লাগানোর পরে কিংবা তেল না থাকিলে বেয়ারিং প্রায়ই গরম হইতে থাকে। এই অবস্থায় মেসিন বন্ধ রাখিয়া হাতে করিয়া ঘুরাইলে আর্মেচার ঘুরাইতে জোর লাগে। বেশী গরম হইলে বেয়ারিং জড়াইয়াও যায়। যখন বেয়ারিং বড় বেশী গরম হইয়া ওঠে, তখন যদি তাড়াতাড়ি মেসিন বন্ধ করিয়া রাখা হয়, তবে আর্মেচার-শাফ্‌ট বেয়ারিংয়ে জড়াইয়া যাইবার বড়

বেশী আশঙ্কা থাকে। এইরূপ ক্ষেত্রে বন্ধ করিবার পরে মেসিন ঠাণ্ডা না হওয়া পর্যন্ত উহার বেয়ারিংয়ে বেশী করিয়া ঘন ঘন তেল ঢালিতে হয়, আর আর্মেচারকে হাতে করিয়া অনবরত আস্তে আস্তে ঘুরাইতে হয়। ইহাতে আর্মেচার-শাফ্‌ট বেয়ারিংয়ে জড়াইয়া যাইতে পারে না। অতিরিক্ত গরম হইলে তেলের সঙ্গে কিছু গ্র্যাফাইট বা ব্ল্যাক্‌ লেড মিশাইয়া দেওয়া ভাল। তেলের অভাবে এবং হাতের কাছে থাকে বলিয়া অনেক ক্ষেত্রে বেয়ারিংয়ে এই সময় জল ঢালা হইয়া থাকে। কিন্তু জল ঢালিলে লোহার অংশে মরিচা ধরে, তাই এই সব জায়গায় জল না ঢালাই ভাল। তেল বা জল ঢালিয়া বেয়ারিং ঠাণ্ডা করিবার সময় ঐ তেল বা জল যাহাতে মেসিনের আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল ও কম্যুটেটারে কিছুমাত্র না লাগে, সেই বিষয়ে সাবধান হইতে হইবে। কোন জায়গা বেশী গরম হইয়াছে কিনা হাত দিয়াই সাধারণতঃ তাহা সকলে দেখিয়া থাকে। যদি হাতের উল্টাদিকে গরম অসহ্য না লাগে, তবে বুঝিতে হইবে গরম হইলেও অতিরিক্ত গরম হয় নাই। সর্বাপেক্ষা ভাল নিয়ম এই যে, কোন জায়গায় হাত দিয়া মনে যেন এই সন্দেহ না হয়—"তাই ত, এই জায়গাটা বেশী গরম হইয়াছে কি?"

কোন অংশ বেশী গরম হইয়াছে কিনা তাহা দেখিতে 'হইলে কম্যুটেটার, বেয়ারিং এবং ব্রাশের উপরে থার্মোমিটার দিয়া উত্তাপ মাপিতে হয়। কিন্তু আর্মেচার ও ফীল্ড-কয়েলের, প্রকৃত উত্তাপ মাপিতে হইলে উহার রেজিস্ট্যান্স পরীক্ষা করিয়া বাহির করা আবশ্যক। কিভাবে রেজিস্ট্যান্স পরীক্ষা করিয়া মেসিনের উত্তাপ বাহির করা যায়, তাহা প্রথম অধ্যায়ের অষ্টম পরিচ্ছেদে বিশদভাবে আলোচনা করা হইয়াছে।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

কম্যুটেটার ও ব্রাশ গরম

১ম কারণ। কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া।

লক্ষণ ও প্রতিকার। যে যে কারণে কম্যুটেটারে আগুন দেয় ও তাহার যে যে প্রতিকার এই অধ্যায়ের প্রথম পরিচ্ছেদে বলা হইয়াছে, সেই সমস্ত একে একে দেখিয়া তাহার প্রতিবিধান করিলে কম্যুটেটার ও ব্রাশের অতিরিক্ত গরম হওয়া দূর হইবে।

২য় কারণ। কম্যুটেটারে খুব ছোট ছোট আগুন দেয় বা অনেক সময় আগুন একেবারেই দেয় না, অথচ কম্যুটেটার গরম হয়।

লক্ষণ। যে-সকল কারণে কম্যুটেটারে আগুন দেয়, ইহা তাহারই প্রথম অবস্থা বা পূর্ব-লক্ষণ।

প্রতিকার। "কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র প্রতিকার দেখ। অনেক সময় ব্রাশ ঠিক জায়গায় বসানো না থাকায় এইরূপ হইয়া থাকে। ব্রাশ-রকার (brush-rocker) থাকিলে তাহা একটু এদিক-ওদিক সরাইয়া তখন ব্রাশগুলিকে ঠিক জায়গায় বসাইতে হয়।

৩য় কারণ। কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টগুলির মাঝে মাঝে যে অভ্রের ইন্‌সুলেশন্ থাকে, সেই ইন্‌সুলেশন্ ভিজাইয়া এক সেগ্‌মেণ্ট হইতে অন্য সেগ্‌মেণ্টে আগুন যাওয়া, কিংবা কম্যুটেটারের পাশে যে রিং দিয়া সেগ্‌মেণ্টগুলিকে আঁটিয়া রাখা হয় (end-ring), কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্ট হইতে তাহাতে আগুন যাওয়া।

লক্ষণ। দুই বা ততোধিক সেগ্‌মেণ্টের মধ্যে কিংবা কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্ট ও উহার পাশের রিংয়ের মধ্যে পোড়া পোড়া দাগ।

প্রতিকার। সেগ্‌মেণ্টগুলির মধ্য হইতে পোড়া পোড়া কুঁচি সকল আঁচড়া দিয়া বা খুঁটিয়া খুঁটিয়া বাহির করিয়া ফেলিয়া দিতে হয়। আবশ্যক হইলে কম্যুটেটারটি একেবারে টুক্‌রা টুক্‌রা করিয়া খুলিয়া যে অভ্র খারাপ হইয়া গিয়াছে কিংবা যে-সকল সেগ্‌মেণ্ট বড় বেশী জ্বলিয়া গিয়াছে, সেগুলি বাদ দিয়া নূতন অভ্র ও সেগ্‌মেণ্ট লাগাইতে হয়। অনেক সময় এইরূপ স্থলে কম্যুটেটার একেবারে বদলাইয়া দেওয়ার প্রয়োজনও দেখা দেয়।

৪র্থ কারণ। কম্যুটেটারের সহিত ব্রাশের, ব্রাশের সহিত ব্রাশ-হোল্ডারের (brush-holder), কিংবা ব্রাশের সহিত তারের সংযোগ ভাল নয়।

লক্ষণ। কম্যুটেটার ও ব্রাশের লাইনে চোখ রাখিয়া দেখিলে ফাঁক দেখিতে পাওয়া যায়; মেসিন চলিতে থাকিলে সামান্য সামান্য আগুন দেয়; ব্রাশের পাড়ান্ ভাল নয়। যে-সকল মেসিনে ব্রাশ হইতে ব্রাশ-হোল্ডার দিয়া লাইনে কারেণ্ট যায়, তাহাদের হোল্ডারে ব্রাশ ঢিলা থাকিলে ব্রাশ ও ব্রাশ-হোল্ডার গরম হয়। ব্রাশ বা

ব্রাশ-হোল্ডারের সহিত তার ভাল করিয়া আঁটা না থাকিলেও ব্রাশ-হোল্ডার গরম হইয়া ওঠে।

প্রতিকার। ভাল করিয়া ব্রাশের "পাড়ান্" করিলে এবং সংযোগগুলি ঠিকঠাক করিয়া দিলে এই দোষ দূর হইবে।

৫ম কারণ ও লক্ষণ। কম্যুটেটার চট্‌চটে; উহার উপরে একটা কাল পর্দা পড়িয়া থাকে; কম্যুটেটারের উপর যে জায়গায় ব্রাশ ঠেকে না, সেখানকার রং পোড়া পোড়া, তামাটে ও বেগুনে আভাযুক্ত। ব্রাশের কার্বন বড গরম।

প্রতিকার। কম্যুটেটার কাল হইলে শাদা শিরীষ কাগজ দিয়া উহা পরিষ্কার করিতে হয়। কম্যুটেটার বড বেশী গবম হওয়ায় ব্রাশের কার্বন গলিয়া গিয়া উহার উপরে লাগিয়া যায়। ইহাতে ব্রাশেব রেজিস্ট্যান্স আরও বাডে এবং কম্যুটেটার আরও বেশী গরম হয়। কম্যুটেটার বড বেশী কাল ও চট্‌চটে হইলে পেট্রল দিয়া ভাল করিয়া ধুইয়া পরিষ্কার করিয়া ফেলিতে হয়, আর ব্রাশের পাড়ান্ ভাল না থাকিলে ভাল করিয়া পাড়াইয়া দিতে হয়। ব্রাশ বেশী নরম ধাতেব হইলে সেগুলি বদ্‌লাইয়া একটু কড়া ধাতেব ব্রাশ দিতে হয়। কিন্তু বেশী কড়া ব্রাশ দেওয়া উচিত নহে। তাহাতে কম্যুটেটার কাটিয়া গিয়া উষ্কখুষ্ক হইয়া যায় ও কম্যুটেটারে আগুন দেয়। কার্বন ব্রাশ মাঝে মাঝে বদলাইয়া দিতে হয়, সুতরাং সর্বদাই কয়েকটা ব্রাশ বাডতি রাখা প্রয়োজন। এই ব্রাশ মেসিনের নির্মাতাদের নিকট হইতেই লওয়া উচিত। তাহাতে সকল সময় ঠিক একই রকমের কডা বা নরম ব্রাশ পাইবার সম্ভাবনা থাকে। দ্বিতীয় উপায়, সরবরাহকারীর নিকট একটি পুরাতন ব্রাশ নমুনাস্বরূপ পাঠাইয়া সেই ধাতের ব্রাশ আনাইয়া রাখা। নতুবা ব্রাশ ফরমাইস দিবার সময় নিম্নলিখিত খুঁটিনাটিগুলি লিখিয়া দিতে হইবে:—

(১) মেসিনের ভোল্টেজ, গতিবেগ ও ক্ষমতা, (২) কম্যুটেটারের ব্যাস ও সেগ্‌মেণ্টের সংখ্যা, (৩) মেসিনে কয় সেট ব্রাশ এবং প্রতি সেটে কয়টি করিয়া ব্রাশ আছে, (৪) ব্রাশের মাপ অনুযায়ী একটি নক্সা ও ব্রাশের সহিত যে তাব আঁটা থাকে তাহার অপর প্রান্ত কিভাবে আঁটা যাইবে তাহার নক্সা।

ভাল ভাল মেসিন প্রস্তুতকারকেরা সাধারণতঃ ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী ব্রাশ ব্যবহার করেন। ইহাতে কোন্ কোন্ মেসিনে কিরূপ কার্বন ব্রাশের ব্যবহার অনুমোদন করা যাইতে পারে, তাহার সুস্পষ্ট নির্দেশ দেওয়া আছে।

৬ষ্ঠ কারণ ও লক্ষণ। ব্রাশই সর্বাপেক্ষা অধিক গরম। যত বেশী কারেণ্ট ব্রাশ দিয়া যায়, যদি ব্রাশ তাহার উপযুক্ত মোটা না হয়, তবে উহা গরম হইয়া থাকে। ঠিক একই ধাতের কার্বন ব্রাশ সব সময়ে পাওয়া যায় না। কখন কখন উহাদের রেজিস্ট্যান্স বেশী হয়। এইরূপ স্থলে ব্রাশ গরম হইতে দেখা যায়। স্প্রীংয়ের জোর বেশী হওয়ার দরুন ব্রাশ কম্যুটেটারের উপর অধিক জোরে চাপিয়া বসিলে তাহাতেও কম্যুটেটার আর ব্রাশ গরম হইয়া ওঠে।

প্রতিকার। ব্রাশ পাতলা হইলে অথবা উহার রেজিস্ট্যান্স অধিক হইলে কার্বন দিয়া যাহাতে কারেণ্ট অধিক দূর প্রবাহিত না হয়, তাহার ব্যবস্থা করা আবশ্যক। কার্বন ব্রাশের উপর তামার কলাই করিয়া (copper-plate) লইলে ইহার প্রতিকার হয়। তামার কলাইয়ের পরিবর্তে খুব পাতলা তামা বা টিনের পাত দিয়া ব্রাশকে মুড়িয়া দিলেও কাজ চলে। সকল স্প্রীংয়ের জোর ঠিক সমান কিংবা অতিরিক্ত কিনা, তাহাও পরীক্ষা করিয়া দেখা দরকার। কোনটির জোর বেশী মনে হইলে তাহা কমাইয়া অন্যগুলির সমান করিয়া দিতে হইবে।

৭ম কারণ। মেসিনের অন্য অংশ হইতে উত্তাপ কম্যুটেটারে চালিত হয়।

লক্ষণ ও প্রতিকার। মেসিনের কোন্ অংশ সর্বাপেক্ষা বেশী গরম তাহা পরীক্ষা করিয়া সেই দোষ দূর করিতে হইবে। যখন মেসিন ঠাণ্ডা থাকে, তখন এই পরীক্ষা আরম্ভ করা উচিত। যে অংশ আগে গরম হয়, দোষ সেইখানেই থাকে।

৮ম কারণ। মেসিন দিয়া যত কারেণ্ট যায়, কম্যুটেটার তত কারেণ্ট সহ্য করিতে পারে না।

লক্ষণ। বিশেষ কোন লক্ষণ নাই; কম্যুটেটারে আগুন নাই, তথাপি ব্রাশ এবং কম্যুটেটার গরম হয়।

প্রতিকার। পূরাতন মেসিনের কম্যুটেটার বারবার টার্ণ করার ফলে উহা পাতলা হইয়া গিয়া এই দোষ ঘটিতে পারে। তখন কম্যুটেটার বদলাইয়া ফেলিতে হয়। কম্যুটেটারকে বারবার টার্ণ করিয়া কত পাতলা করা যাইতে পারে তাহা জানাইবার জন্য উহার কোন একটি সেগ্‌মেণ্টের পাশে একটি ছোট বিঁদ কিংবা কম্যুটেটারের পাশে একটি বৃত্ত কাটা থাকে। টার্ণ করিতে করিতে ততদূর পর্যন্ত আসিলে কম্যুটেটার আর বেশী পাতলা করিতে নাই; করিলে চলিবার সময় উহা গরম হইবে।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

আর্মেচার ও ফীল্ড-কয়েল গরম

১ম কারণ। আর্মেচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট বা "গ্রাউণ্ড", লাইনে "আর্থ", মেসিনে ওভার-লোড, অথবা যে মেসিন যত ভোল্টের সারকিটে চালাইবার জন্য তৈরী তাহা অপেক্ষা অধিক ভোল্টেজে চালানো।

লক্ষণ। আর্মেচার-কয়েল দিয়া যত কারেণ্ট প্রবাহিত হওয়া উচিত, কারেণ্টের পরিমাণ তাহা অপেক্ষা অধিক।

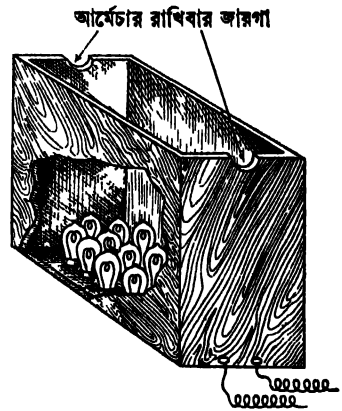
প্রতিকার। আর্মেচার-কয়েলের সর্ট-সারকিট বা গ্রাউণ্ড, অথবা লাইনের আর্থের প্রতিকারের জন্য "কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৪র্থ কারণ দ্রষ্টব্য। যে কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকে, সেই কয়েলই গরম হয়। যাহাতে মেসিন অতিরিক্ত লোডসহ না চলে, তাহার জন্য লোড কমাইয়া দেওয়া উচিত। যে মোটর যত ভোল্টেজে চলিবার জন্য তৈরী, কিংবা যে জেনারেটার যত ভোল্টেজ উৎপাদন করিবার পক্ষে উপযুক্ত, তাহা অপেক্ষা অধিক ভোল্টেজ দিলে বা জোরে চালাইলে আর্মেচার-কয়েল দিয়া অধিক কারেণ্ট যাইবে, ফলে কয়েলগুলি অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিবে। মোটরকে ঠিক ভোল্টেজে চালানো বা লাইনের ভোল্টেজ কম রাখাই ইহার একমাত্র প্রতিকার। লাইনে ভোল্টেজের যে অপচয় ঘটে তাহা পূরণ করিবার জন্য উৎপাদন কেন্দ্রে মোটরের টার্মিন্যাল-ভোল্টেজ অপেক্ষা জেনারেটারের ভোল্টেজ কিছু বেশী রাখা হয়। যদি এই অতিরিক্ত ভোল্টেজ জেনারেটারের পক্ষে ক্ষতিকর হয়, তবে তাহা কমাইয়া অন্য কোন বন্দোবস্ত (voltage boosting) করিতে হইবে। তবে প্রায়ই এইরূপ ব্যবস্থার প্রয়োজন হয় না।

২য় কারণ। আর্মেচার-কয়েল স্যাঁৎসেঁতে।

লক্ষণ। স্যাঁৎসেঁতে জায়গায় মেসিন পড়িয়া থাকিলে, কিংবা যেখানে উহা বসানো আছে সেই জায়গা বেশ খট্‌খটে না হইলে, কিংবা যদি বর্ষার সময় মেসিনকে ঠিক যত্নে রাখা না হয়, তবে উহার কয়েলের ইন্‌সুলেশনে ঠাণ্ডা লাগিয়া স্যাঁৎসেঁতে হইয়া যায়। এইরূপ অবস্থায় আর্মেচারে হাত দিলে স্যাঁৎসেঁতে ভাব টের পাওয়া যায়। অনেক সময় কয়েলের উপর ছাতা ফুটিয়াও ওঠে। তখন মেসিন চালাইতে অধিক ক্ষমতার প্রয়োজন হয়। এমনকি আর্মেচার হইতে জলের ভাপ্‌ বা বাষ্প উঠিতে থাকে, আর উহার ইন্‌সুলেশন্‌-রেজিস্ট্যান্স (insulation resistance) যে বড় কম, পরীক্ষা করিলে তাহা ধরা পড়ে।

প্রতিকার। অল্প আগুনের উপর কিংবা কোন গরম জায়গায় আর্মেচারকে ১২ ঘণ্টা হইতে ৩৬ ঘণ্টা পর্যন্ত রাখিয়া ভাল করিয়া গরম করিয়া লইতে হইবে। কিন্তু উহাকে এমন গরম করা উচিত নহে যাহাতে উহার উপরের পালিশ বা রং গলিয়া গিয়া কয়েলের ইন্‌সুলেশন্‌ পুড়িয়া যায়। একটি কাঠের বাক্সের ভিতর (ছোট ছোট

আর্মেচারের পক্ষে কেরোসিন-কাঠের বাক্স হইলেই যথেষ্ট হইবে) কতকগুলি বাতি (Electric lamp) জ্বালিয়া দিয়া আর্মেচারটি তাহার উপর রাখিলে কয়েক ঘণ্টার মধ্যেই উহা বেশ গরম হইয়া উঠিবে এবং উহার কয়েলের স্যাঁৎসেঁতে ভাব দূর হইয়া যাইবে। (২০৭নং চিত্র লক্ষ্য কর।)

যেখানে আর্মেচার এত বড যে উহাকে বাহির করিয়া এইভাবে গরম করা সম্ভব নহে, সেখানে উহার ফীল্ডের সংযোগ খুলিয়া দিয়া বাতির সহিত সিরিজে উপযুক্ত কারেণ্ট আর্মেচারে দিলে তাহাতে যে তাপ উৎপন্ন হইবে, সেই তাপের সাহায্যেই আর্মেচারের স্যাঁৎসেঁতে ভাব দূর হইবে। আর্মেচারে কারেণ্ট দিবার সময় যেন ঐ কারেণ্টের পরিমাণ আর্মেচার দিয়া সচরাচর যত কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তাহার শতকরা ৭৫ ভাগ অপেক্ষা বেশী না হয়, কেন না, তখন উহার ইন্‌সুলেশন-রেজিস্ট্যান্স কম থাকে বলিয়া পূরা কারেণ্ট দিলে ইন্‌সুলেশন্ নষ্ট হইয়া যাইবার আশঙ্কা থাকে।

আর্মেচার গরম করিবার বাক্স
২০৭নং চিত্র

সমগ্র মেসিনকে শুকাইবার প্রক্রিয়া

সমগ্র মেসিনকে গরম করিতে হইলে উহার চারিদিকে চট, কম্বল, কাঁথা, ত্রিপল কিংবা অন্য কোন তাপ-অপরিবাহক (heat-insulating) দ্রব্যের বাক্স দিয়া ঢাকা দিয়া আস্তে আস্তে গরম করিতে হইবে। গরম করিবার উপায় উপরে বর্ণিত উপায়-সমূহের সহিত অভিন্ন। কিন্তু যদি কারেণ্ট দিয়া গরম করিতে হয়, তবে সারকিটের সহিত কম-বেশী করা যায় এইরূপ একটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যোগ করিয়া তাহার সাহায্যে কারেণ্টকে কম বা বেশী করিয়া তাপ উৎপাদনের সমতা এমনভাবে রক্ষা করিতে হইবে যাহাতে মেসিনের উত্তাপ কখনই ৭০ ডিগ্রী-সেণ্টিগ্রেডের উপরে না ওঠে। আবশ্যক হইলে মাঝে মাঝে কারেণ্ট বন্ধ করিতেও হইতে পারে।

এইরূপে এক নাগাড়ে মেসিন যত গরম হইবে, উহার ইন্‌সুলেশন্-রেজিস্ট্যান্স ততই উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাইবে। ১২ ঘণ্টা অন্তর-অন্তর ইহা মাপা হইতে থাকিবে, আর যখন পর পর ৪ বার ইন্‌সুলেশন্-রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ সমান থাকিবে, তখন মেসিন ভালভাবে শুকাইয়াছে বলিয়া বুঝিতে হইবে।

৩য় কারণ। আর্মেচার-কয়েল উল্টাপাল্টা।

লক্ষণ। মোটর চলিবার সময় বেশী কারেন্ট লইতে থাকে, আর জেনারেটারকে চালাইতে ইঞ্জিনের বেশী জোর লাগে—ইঞ্জিন "আস্তে" হইয়া যায়। যখন মোটর অন্য মেসিন চালায়, তখন আর্মেচারের যে অংশে কয়েল উল্টাপাল্টা হইয়া আছে, সেই অংশ অন্য অংশ অপেক্ষা বেশী গরম হয়। কিন্তু মেসিন জেনারেটার হইলে ইহাতে কোন একটি বিশেষ কয়েল অন্য কয়েল অপেক্ষা বেশী গরম হয় না। আর্মেচারকে বাহির করিয়া এক-একটি কয়েলে পরে পরে কারেন্ট দিয়া কয়েলের উপর কম্পাস (compass) বা ছোট চুম্বক ঝুলাইয়া ধরিলে উহা যে ভাবে আকৃষ্ট হইতে থাকিবে, তাহা হইতেই উল্টা করিয়া লাগানো কয়েলের সন্ধান পাওয়া যাইবে। যে কয়েল উল্টা করিয়া লাগানো হইয়াছে, তাহাতে ঐরূপ করিলে চুম্বকের উপর তাহার আচরণ অন্যগুলির বিপরীত হইবে।

প্রতিকার। যে কয়েল উল্টা হইয়া গিয়াছে তাহার, অথবা যতগুলি কয়েল উল্টা হইয়াছে তাহাদের, লুপ ঘুরাইয়া কম্যুটেটারের সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া।

৪র্থ কারণ। সবকয়টি চুম্বকের জোর সমান নহে।

দ্রষ্টব্য ঃ—যে-সকল মেসিনে দুইটির বেশী পোল থাকে, কেবলমাত্র তাহাদেব আর্মেচারই এই দোষে গরম হয়।

প্রতিকার। এই অধ্যায়ের প্রথম পরিচ্ছেদের ৭ম কারণ দেখ।

৫ম কারণ। আর্মেচার-কোরের আবর্ত-প্রবাহ। আর্মেচার ঘুরাইলে যে কারণে জেনারেটার কারেন্ট দেয়, ঠিক সেই কারণে জেনারেটার কিংবা মোটর চলিবার সময় উহাদের আর্মেচারের লোহার কোরে আর একটি আলাদা তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন হয়। এই তড়িৎ-প্রবাহ আর্মেচার-কোরের মধ্যেই বহিতে থাকে, আর কোরকে গরম করিয়া তোলে। ইহার নাম "এডি-কারেন্ট" (eddy-current) বা "আবর্ত-প্রবাহ"। এই কারেন্ট ক্ষতিকর, কারণ ইহা কোন কাজে আসে না। সেইজন্য মেসিনে ইহা যত কম উৎপন্ন হয়, ততই মঙ্গল। ইহারই জন্য জেনারেটার চালাইতে বেশী শক্তির প্রয়োজন হয়, আর মোটর কিছু কম জোরে চলে। এডি-কারেন্ট যাহাতে কম জন্মে, সেইজন্য আর্মেচার-কোর (এবং অনেক সময়, ফীল্ড পোল কোরও) আস্ত লোহা দিয়া তৈরী না করিয়া অনেকগুলি পাত্‌লা পাত্‌লা লোহার চাদর কাটিয়া একত্র করিয়া তৈরী করা হয়। এই চাদর সচরাচর ২৪ হইতে ২৬ গেজের (S. W. G.) মধ্যে হইয়া থাকে।

লক্ষণ। মেসিন অল্পক্ষণ চালাইবার পরে আর্মেচার-কোরের (বা ফীল্ড-পোল কোরের) লোহা গরম হইয়া ওঠে, এবং মেসিনকে লোডশূন্য অবস্থায় চালাইতে বেশী শক্তির প্রয়োজন হয়। ইহাতে কম্যুটেটারে আগুন দেয় না।

প্রতিকার। যে-সকল লোহার চাদর একত্র করিয়া আর্মেচার-কোর তৈরী করা হয়, সেইগুলি যাহাতে পরস্পরের গায়ে ঠেকিয়া না থাকে সেইজন্য তৈরী করিবার সময় উহাদিগের গায়ে ইন্‌সুলেটিং রং বা এন্যামেল মাখাইয়া দেওয়া হয়। অনেক মেসিনে আবার চাদর কাটিবার পূর্বে তাহাদের এক পিঠে কাগজ মারিয়া বা

চীনামাটি গুলিয়া মাখাইয়া দিয়া পরে চাকৃতিগুলি কাটা হয়। ইহাতে "কোর" তৈরী করিবার সময় একটি চাকৃতির লোহা অন্য একটি চাকৃতির লোহার সঙ্গে ঠেকিতে পায় না—মধ্যে একটি করিয়া ইন্‌সুলেশনের স্তর থাকিয়া যায়। ফলে এডি-কারেণ্ট উৎপন্ন হওয়া অনেক কমিয়া যায়। আর্মেচার-কোর তৈরী করিবার সময় যদি এই বিষয়ে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করা না হয়, তবে এই দোষ হইয়া থাকে। তবে এই দোষ সাধারণতঃ খুব কমই হয়। ইহা মেসিন তৈরী করিবার দোষ।

আর্মেচারে এই ধরনের দোষ থাকিলে উহা বদলাইয়া ফেলা কিংবা তার খুলিয়া ফেলিয়া চাকৃতিগুলি আলাদা কবিয়া রং মাখাইয়া আবার একত্র করা ভিন্ন অন্য কোন উপায় নাই।

৬ষ্ঠ কারণ। জেনারেটারকে উহার নির্দিষ্ট গতিবেগ অপেক্ষা বেশী জোরে ঘুবানো।

লক্ষণ। প্রতি মিনিটে কোন্ জেনারেটার কত পাক ঘুরিবে, তাহা প্রত্যেক ডাইনামোর গায়ে লেখা থাকে। ট্যাকোমিটার কিংবা স্পীড্-কাউণ্টার ও ঘড়ির সাহায্যে গতিবেগ মাপিলে জানা যায় জেনারেটার বেশী জোরে চলিতেছে কিনা।

প্রতিকার। যদি বেল্ট-এর সাহায্যে জেনারেটার ইঞ্জিনের সহিত যুক্ত থাকে, তবে উহার পুলি বড় করিয়া, কিংবা ইঞ্জিনের পাক কম করিয়া, কিংবা লাইন-শাফ্‌টের পুলি ছোট করিয়া জেনারেটারকে নির্দিষ্ট গতিবেগে পরিচালনা করা যায়।

৭ম কারণ। মেসিনের অন্য অংশ হইতে তাপ আর্মেচারে চালিত হয়।

লক্ষণ ও প্রতিকার। এই অধ্যায়ের তৃতীয় পরিচ্ছেদের ৭ম কারণ দেখ।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

ফীল্ড-ম্যাগ্‌নেট গরম

১ম কারণ। মেসিনের অন্য অংশ হইতে তাপ আসিয়া ফীল্ড-কয়েল আর পোল-কোর গরম করে।

লক্ষণ ও প্রতিকার। এই অধ্যায়ের তৃতীয় পরিচ্ছেদের ৭ম কারণ দেখ।

২য় কারণ। ফীল্ড-কয়েলে কারেণ্ট বেশী।

লক্ষণ। ফীল্ড-কয়েল এত গরম হয় যে, হাত রাখা যায় না। কোন বিশেষ কয়েল গরম নয়,--সবগুলিই সমান,—কিন্তু ভয়ানক গরম। মেসিনের ভোল্টেজ ঠিক আছে, অথচ মোটর আস্তে চলে [দ্রষ্টব্য ঃ—বেশী কারেণ্ট ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হইলে মোটর কম জোরে চলে, আর কারেণ্ট কম হইলে মোটর বেশী জোরে চলে]; কিংবা জেনারেটারের গতিবেগ ঠিক আছে, কিন্তু উহা বেশী ভোল্টেজ দেয়। সাণ্ট মেসিনের ফীল্ড-কয়েলে সর্ট-সারকিট হইলে উহার রেজিস্ট্যান্স কমিয়া যায় ও কয়েল দিয়া বেশী কারেণ্ট প্রবাহিত হইতে থাকে। যে কয়েলে সর্ট-সারকিট হয়, সেই কয়েল অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা থাকে; কিন্তু উহার জোর অন্যান্য কয়েল অপেক্ষা কম হয়।

এক-একটি ফীল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্স পৃথক পৃথক মাপিলে যদি কোনটির রেজিস্ট্যান্স অন্যগুলি হইতে শতকরা ৫ ভাগ বা তাহা অপেক্ষাও কম হয়, তবে সেই কয়েলেই সর্ট-সারকিট আছে বুঝিতে হইবে। ইহাতে কম্যুটেটারে আগুন দিবে।

প্রতিকার। সবগুলি কয়েলই সমান,—কিন্তু অতিশয় গরম,—হইলে এবং জেনারেটারের ভোল্টেজ বেশী থাকিলে ফীল্ড-সারকিটের সহিত সিরিজে একটি রেজিস্ট্যান্স যোগ করিয়া উহার কারেণ্ট কমাইয়া দিতে হইবে। জেনারেটারের সহিত সাধারণতঃ একটি করিয়া ফীল্ড-রেগুলেটার থাকে। এমন স্থলে ঐ রেগুলেটারের হাতল ঘুরাইয়া ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স বাড়াইয়া দিতে হইবে; নতুবা কম-বেশী করা যায় এমন একটি রেজিস্ট্যান্স সাণ্ট ফীল্ড-সারকিটের সহিত সিরিজে যোগ করিয়া দিয়া যতক্ষণ না ভোল্টেজ আর গতিবেগ ঠিক হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত রেজিস্ট্যান্স বাড়াইয়া বাড়াইয়া কারেণ্ট কমাইতে হইবে। ভোল্টেজ ঠিক আছে অথচ মেসিন আস্তে চলে—এইরূপ অবস্থায় সাণ্ট মোটরের ফীল্ডের কারেণ্ট কমাইয়া দিয়া উহার গতিবেগ বৃদ্ধি করা উচিত। জেনারেটারের ভোল্টেজ বেশী হওয়ার দরুন ফীল্ড-কয়েল গরম হইলেও ঐ একই ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। কোন ফীল্ড-কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকিলে ঐ কয়েল নূতন করিয়া জড়াইয়া লওয়া দরকার।

৩য় কারণ। ফীল্ড-কয়েল স্যাঁৎসেঁতে।

লক্ষণ। ফীল্ড-কয়েলে বেশী কারেণ্ট যায় ও অপরাপর লক্ষণ "আর্মেচার কয়েল স্যাঁৎসেঁতে"র মত।

প্রতিকার। এই অধ্যায়ের চতুর্থ পরিচ্ছেদের ২য় কারণ দেখ।

৪র্থ কারণ। ফীল্ড-পোলের "এডি-কারেণ্ট" বা "আবর্ত-প্রবাহ"।

লক্ষণ। এডি-কারেণ্টের উৎপত্তি সম্বন্ধে আর্মেচার গরমের ৫ম কারণ দেখ। মেসিন কিছুক্ষণ চলিলে ফীল্ড-পোলই সর্বাপেক্ষা বেশী গরম হয়। যদি কোন কারণে মেসিনের কারেণ্ট সব সময় সমান না থাকে,—অর্থাৎ ঘন ঘন কম-বেশী হইতে থাকে,—[এই অবস্থায় অ্যাম্মিটারের কাঁটা ঘন ঘন নড়িতে থাকিবে],—তবে ফীল্ড-পোলে এডি-কারেণ্ট উৎপন্ন হইতে পারে। তৈরী করার দোষেও ফীল্ড-পোলে এডি-কারেণ্ট উৎপন্ন হয়, কিন্তু তাহা কম।

প্রতিকার। যাহাতে মেসিনে কারেণ্ট সমান থাকে, সম্ভব হইলে তাহার উপায় করিতে হইবে। তবে যদি কোন মেসিনে এমন লোহা কিংবা লোহার পাত দিয়া ফীল্ড-কোর তৈরী করা হইয়া থাকে যাহার জন্যই এইরূপ দোষ হইতেছে, তবে তাহার প্রতিকার নাই। কিন্তু ইহাই যে প্রকৃত দোষ তাহা স্থির করিবার পূর্বে মেসিনকে ভালভাবে পরীক্ষা করিয়া প্রকৃত কারণ নিরূপণ করিতে হইবে।

ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ

বেয়ারিং গরম

১ম কারণ। বেয়ারিংয়ে তেলের অভাব।

লক্ষণ। বেয়ারিংয়ে তেল নাই; বেয়ারিংয়ের ভিতর যে চুড়ি (oiling ring) থাকে, তাহা ঘোরে না; তেল যাইবার রাস্তা বন্ধ হইয়া গিয়াছে।

প্রতিকার। বেয়ারিং বা তেলের বাটিতে (oil cup) ভাল নূতন তেল ঢালিয়া দাও। তেল যাইবার রাস্তা পরিষ্কার করিয়া যাহাতে চুড়ি ঠিকভাবে ঘোরে, তাহার বন্দোবস্ত কর। অনেক সময় তেলের বাটি বা বেয়ারিংয়ের কোন জায়গায় খুব সরু ছেঁদা বা ফাটা (leak) থাকে এবং তাহা দিয়া তেল এমনভাবে বাহির হইয়া যায় যে, টের পাওয়া যায় না। বেয়ারিংয়ে তেল দিবার সময় মিহি ছাঁকনা দিয়া তেল ছাঁকিয়া দিতে হয়, নইলে উহার সঙ্গে ধূলা, বালি বা অন্য খাঁকরি বেয়ারিংয়ের ভিতর গিয়া নানাপ্রকার দোষ জন্মাইতে পারে। জেনারেটার ও মোটরের বেয়ারিংয়ে ভাল "ডাইনামো অয়েল" (good grade dynamo oil) দিতে হয়। কি তেল কোন্ মেসিনের পক্ষে উপযুক্ত তাহা মেসিনের নির্মাতা কিংবা যাঁহারা ঐ মেসিন বিক্রয় করিয়াছেন তাঁহাদের নিকট হইতে জানিয়া লইতে হয়। সব তেল সব মেসিনে চলে না। তেল বড় বেশী মোটা বা ঘন হইলে চুড়ি ভাল করিয়া ঘোরে না,—কিংবা একেবারেই ঘোরে না। তেল ভরার পর হাতে করিয়া মেসিনকে পাক কতক ঘুরাইয়া দেখিতে হয় চুড়িগুলি ঠিকভাবে ঘুরিতেছে কিনা। তেলের বাটিতে ঠিক মাপ মত তেল দিতে হয়; বেশী ঢালা হইয়া থাকিলে বাড়্‌তি তেল বাহির করিয়া দেওয়া উচিত। বল-বেয়ারিং বা রোলার-বেয়ারিংওয়ালা মোটর হইলে পুরাতন গ্রীজ (grease) বা ভেসিলিন (vaseline) বাহির করিয়া পেট্রল দিয়া ধুইয়া আবার ঠিক সেই জাতীয় গ্রীজ বা ভেসিলিন দিয়া ভর্তি করিয়া দিতে হয়, নইলে বেয়ারিং নষ্ট হইয়া যাইতে পারে।

২য় কারণ। বেয়ারিংয়ের ভিতর ধূলা, বালি, কিংবা শাফ্‌ট বা বুশের কুচা রহিয়াছে।

লক্ষণ। তেলের ভিতর হাত ডুবাইয়া আঙ্গুলে আঙ্গুলে রগড়াইলে, কিংবা বেয়ারিং হইতে তেল বাহির করিয়া লইয়া উহার তলা দেখিলে, খাঁকরি জমিয়া আছে দেখিতে পাওয়া যায়। শাফ্‌টের গায়ে হাত দিলেও করকরে বালির মত হাতে ঠেকে।

প্রতিকার। বেয়ারিং হইতে তেল একেবারে বাহির করিয়া লইয়া পরিষ্কার ন্যাকড়া দিয়া বেয়ারিং মুছিয়া কেরোসিন তেল বা পেট্রল দিয়া ধুইতে হয়। সেইরূপ, শাফ্‌টও বাহির করিয়া লইয়া ধুইয়া, মুছিয়া আবার লাগাইতে হয়, আর ভাল নূতন ছাঁকা তেল বেয়ারিংয়ে ঢালিয়া দিতে হয়। যে তেল একবার বেয়ারিং হইতে বাহির করা হইয়াছে, তাহা খুব ভাল করিয়া ফিল্টার না করিয়া আর বেয়ারিংয়ে ব্যবহার করিতে নাই।

৩য় কারণ। শাফ্‌ট আর বেয়ারিংয়ে কাটা ও ছড়া দাগ।

লক্ষণ। শাফ্‌ট আর বেয়ারিং তেলা বা চক্‌চকে নয়; উহার উপরে কাটা ও ছড়া দাগ; উহার গা উস্কখুস্ক।

প্রতিকার। লেদে তুলিয়া শাফ্‌টকে খুব মিহি এক কোপ কাটিয়া, কিংবা ছড়া তত বেশী না হইলে মিহি উকো দিয়া ঘসিয়া, উহার গায়ের সব দাগ তুলিয়া দিতে হইবে। সেইরূপ, বেয়ারিং ছড়িয়া গিয়া থাকিলে তাহাও তুলিয়া দিতে হইবে। যদি শাফ্‌টের দাগ বেশী গভীর না হয় আর বেয়ারিং ভাল থাকে, তবে কেবল শাফ্‌টের গায়ের দাগ তুলিয়া দিলেই চলিবে, নতুবা বেয়ারিংকে আবার শাফ্‌টের সঙ্গে পাড়ান্ করিতে হইবে। লেদে তুলিয়া বেয়ারিংয়ের বুশ কাটিলেই উহার ছেঁদা (bore) বড় হইয়া যায়। তখন শাফ্‌ট আর উহার ভিতরে ঠিক বসে না—ঢক্‌ঢকে হয়। ডাইনামোর বেয়ারিংয়ের বুশ সাধারণতঃ হোয়াইট মেট্যাল (white metal) বা ব্যাবিট্‌স্ মেট্যাল-এর (Babbit's metal) হইয়া থাকে। ইহা সীসার মত ও নরম। এই বুশ প্রায় আস্ত থাকে, পিতলের বুশের মত দু-টুকরায় তৈরী নয়। আস্ত হোয়াইট মেট্যালের বুশ ঢক্‌ঢকে হইয়া গেলে আর একটি নূতন বুশ বদলাইয়া দেওয়া ভিন্ন অন্য উপায় নাই। একটি নূতন বুশ ঢালাই করিবার পর লেদে টার্ণ করিয়া লইয়া শাফ্‌টের মাপ মত বুশটির ছেঁদা রাখিতে হয়। পরে শাফ্‌টের যেখানটা বুশের ভিতর থাকিবে (journal), সেখানে একটু লাল রং বা মেটে সিঁদুর (red-lead) তেল দিয়া গুলিয়া তাহার উপর আঙুলে করিয়া অতি অল্প পরিমাণে মাখাইয়া বুশের ভিতরে পরাইয়া দিয়া একটু এদিক-ওদিক ঘুরাইতে হয়। এইরূপ করিলে যেখানে বুশের গা শাফ্‌টের সহিত ঠেকিবে, সেইখানেই লাল রং লাগিয়া যাইবে। অনন্তর শাফ্‌টটি বাহির করিয়া লইয়া বুশের যেখানে যেখানে লাল রং লাগিয়াছে সেই সেই জায়গায় একটি আঁচড়া (২০৯নং চিত্র) বা স্ক্রেপার (scraper) দিয়া রংয়ের সহিত অতি সামান্য মেট্যাল চাঁচিয়া দিতে হইবে। এইভাবে যত জায়গায় লাল রং লাগিয়া থাকিবে, একে একে সবগুলি চাঁচিয়া দিয়া শাফ্‌টের গায়ে আবার একটু রং মাখাইয়া উহাকে পুনরায় বুশের ভিতর পরাইয়া ঘুরাইতে হইবে। ইহাতে বুশের গায়ে যে সব জায়গায় আবার রং লাগিবে, সেইগুলিকে আবার চাঁচিয়া দিতে হইবে। এইরূপ যত করা যাইবে, ততই বুশের গায়ে বেশী জায়গায় রং লাগিতে থাকিবে। বারবার এইরূপ করিতে থাকিলে ক্রমে বুশের গায়ের অধিকাংশ বা সব জায়গায় শাফ্‌টের রং লাগিবে। তখন বুঝিতে হইবে যে, শাফ্‌টের সহিত বুশ ঠিক "পাড়ানো" হইয়াছে। পরে ইহাতে "তেলের ঘাট" (oil-passage) কাটিয়া দিলেই বুশ কাজের যোগ্য হইবে।

ছড়া শাফ্‌ট
২০৮নং চিত্র

পুরানো উকো হইতে কাজের যোগ্য স্ক্রেপার করা চলে। যে-সকল উকো আর কাজে লাগে না, তাহাদের মধ্য হইতে একটি চ্যাপ্‌টা (flat) ও একটি তেশিরা

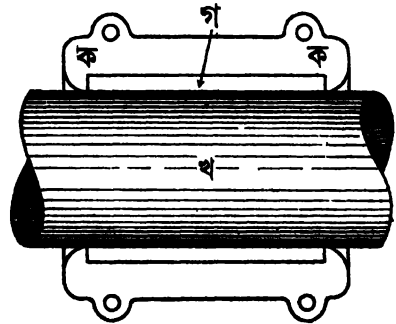
তেশিরা উকোর স্ক্রেপার
২০৯নং চিত্র

উকো (triangular file) লইয়া তেশিরাটির মুখ পিটিয়া ছুঁচাল করিয়া এবং চ্যাপ্‌টাটিব মুখ পাতলা করিয়া একটু বাঁকাইয়া লইতে হইবে। পরে নিয়ম মত উহাকে জলে চুবাইয়া "পান" (temper) দিয়া আর তেল-শীলে (oil-stone) ঘসিয়া বেশ তেলা ধার করিয়া লইলেই স্ক্রেপাব হিসাবে ব্যবহাব কবা যাইবে।

ডাইনামোর বুশ দুই টুকরাতেও হয় এবং উহার ভিতরের খানিকটা জায়গায় হোয়াইট মেট্যাল থাকে (white metal lining)। এই বুশ ঢকঢকে হইলে প্রথমে উহাতে যেটুকু হোয়াইট মেট্যাল থাকে তাহা গালাইযা বা ছেনী দিয়া কাটিয়া পিতল হইতে বাহির করিয়া ফেলিতে হইবে। পরে পিতলের এই অংশ টিনের কলাই কবিতে হইবে। টিনের কলাই না করিলে পিতলের গায়ে হোয়াইট মেট্যাল ভাল করিয়া কামড়াইয়া ধরে না। টিন-মিস্ত্রীরা যেমন করিয়া রাং ঝাল করে, ইহা তাহাই। পিতলেব গায়ে হোয়াইট মেট্যাল ভাল করিয়া কামড়াইয়া না ধবিলে অল্পদিনে উহা খুলিয়া আসে। সেইজন্য প্রথমে ভাল করিয়া টিনের কলাই করা বড দরকার। যাহাতে হোয়াইট মেট্যাল পিতলের গা হইতে সহজে খুলিয়া আসিতে না পারে, সেইজন্য পিতলে খাঁজও করা থাকে (২১০নং চিত্রের "ক" অংশ)। অনেক সময় আবাব পিতলেব গায়ে বাঁকা আর সোজা অনেকগুলি ছেঁদা করা হয় যাহাতে গালানো হোয়াইট মেট্যাল এই সকল ছেঁদার ভিতরে ঢুকিয়া পিতলের সহিত কামড়াইয়া বসিতে পারে।

অনন্তর, শাফ্‌টের মাপ অপেক্ষা কিছু সরু ও মসৃণ একটি রড (rod) বা লোহার পাইপ যোগাড় করিয়া পিতলের উপর এমনভাবে রাখিতে হইবে যাহাতে পাইপের চারিদিকে সমানভাবে জায়গা থাকে (২১০নং চিত্রের "খ" অংশ)। পরে হোয়াইট মেট্যাল গালাইয়া পিতলের ফাঁকে (২১০নং চিত্রের "গ" অংশ) ঢালিয়া দিতে হইবে। যদি পিতল বেশী ঠাণ্ডা থাকে, তবে গরম হোয়াইট মেট্যাল

হোয়াইট মেট্যালের দুই টুকরা বুশ
২১০নং চিত্র

ইহার সংস্পর্শে আসিয়া কিছু ঠাণ্ডা হইয়া মোটা হইয়া যাইবে। সেইজন্য হোয়াইট মেট্যাল ঢালিবার পূর্বে বুশের পিতলকে গরম করিয়া লওয়া দরকার। এইরূপে বুশের

অপর পিতলেও মেট্যাল ঢালিয়া ঠাণ্ডা হইলে তুলিয়া শাফ্‌টের মাপে ছেঁদা করিয়া আগে যেমন বলা হইয়াছে সেই মত মেটে সিঁদুর দিয়া পরীক্ষা করিয়া আবশ্যক মত চাঁচিয়া "পাড়ান্‌" করিয়া লইতে হইবে। যদি এই রকম বুশ সামান্য ঢক্‌ঢকে হইয়া যায়, তবে তাহার জন্য নূতন করিয়া হোয়াইট মেট্যাল ঢালাই করিবার প্রয়োজন হয় না। এইরূপ স্থলে উপরের বুশখানি বাহির করিয়া "ক" চিহ্নিত জায়গা (২১০নং চিত্র) মিহি উকো দিয়া আবশ্যক মত ঘষিয়া ফেলিতে হইবে। পরে মেটে সিঁদুর দিয়া পরীক্ষা করিয়া আবশ্যক মত স্ক্রেপার দিয়া চাঁচিয়া বুশকে শাফ্‌টের সহিত পাড়ান্‌ করিয়া লইলেই কাজ সম্পূর্ণ হইবে। ইহাকে বুশের "টান কাটা" বলে।

৪র্থ কারণ। বেল্টিং বড় আঁট।

লক্ষণ। বেল্টিংয়ের দিকের বেয়ারিংয়ের অংশ গরম, বেল্টিংয়ে "টানের" দিকের (tension side) জোর অধিক ; "কচ্‌কচ্‌" আওয়াজ করে, বা পুলি হইতে বেল্ট পড়িয়া যায়।

প্রতিকার। বেল্টিং বড় বেশী আঁট হইলে পুলির দিকের বেয়ারিং ক্ষয় হইয়া শীঘ্রই উহা বাদামে হইয়া যায়। বেল্টিং একটু ঢিলা করিয়া দিলে ইহার প্রতিকার হয়। এইরূপ করিতে হইলে যে বল্টুগুলির সাহায্যে মেসিন স্লাইড-রেল দুইটির উপর আঁটা থাকে, সেইগুলি আল্‌গা করিয়া মেসিনটি ইঞ্জিন বা লাইন-শাফ্‌টের দিকে একটু সরাইয়া আনিতে হইবে। পরে মাপিয়া দেখিতে হইবে পূর্বে মেসিনটি যেখানে ছিল, এখন তাহা হইতে দুইটি স্লাইড-রেলের উপরেই উহা ঠিক সমান দূর আসিয়াছে কিনা। একটির উপর কম আর অন্যটির উপর বেশী আসিয়া থাকিলে স্লাইড-রেল দুইটির সহিত যে "এ্যাড্‌জাষ্টিং স্ক্রু" (Adjusting screw) থাকে, তাহার দ্বারা দূরত্ব ঠিক করিয়া একটি ইন্‌সাইড ক্যালিপার (inside callipers) দিয়া তাহা মাপিয়া দেখিতে হইবে। সঙ্গে সঙ্গে বেল্টিং যাহাতে ঢিলা হইয়া না যায় সেদিকেও দৃষ্টি রাখা প্রয়োজন। মেসিনে লোড বেশী হইলে তাহা কমাইয়া দিতে হইবে, নইলে কিছুতেই বেয়ারিং গরম হওয়া বন্ধ হইবে না।

৫ম কারণ। বেয়ারিংয়ে শাফ্‌ট আঁট, অথবা শাফ্‌ট বাঁকা।

লক্ষণ। হাতে করিয়া মেসিন ঘুরাইতে গেলে জোর লাগে, কিন্তু বেয়ারিংয়ের মুহুরী একটু ঢিলা করিয়া দিলেই মেসিন সুন্দর ঘুরিতে থাকে। শাফ্‌ট বাঁকা হইলে হাতে করিয়া ঘুরাইবার সময় একই পাকের মধ্যে খানিকক্ষণ বেশ সহজে ঘোরে, আবার খানিকক্ষণ ঘুরাইতে জোর লাগে।

প্রতিকার। বেয়ারিংয়ে শাফ্‌ট আঁট হইলে বেয়ারিংকে বাহির করিয়া একটু কাটিয়া দিতে হইবে। বেয়ারিংয়ের বুশ দুই টুক্‌রায় তৈরী হইলে না কাটিয়া কেবল উহার উপরের মুহুরী দুইটি একটু ঢিলা করিয়া, এবং দরকার বোধ করিলে, পাতলা টীনের "লাইনার" (liner) দিয়া দিলেই চলিবে। শাফ্‌ট বাঁকা হইলে তাহাকে

বদলাইয়া ফেলাই উচিত। বাঁকা শাফ্‌ট ঠিক সোজা করা বড় কঠিন ; আবার তাহা প্রায়ই এমন জায়গায় বাঁকে যে, সোজা করা অসম্ভব হইয়া দাঁড়ায়।

৬ষ্ঠ কারণ। সবকয়টি ফীল্ড-পোল আর্মেচার হইতে সমান দূরে অবস্থিত নহে।

উন্নতমানের প্রত্যেক মেসিনের দুই পাশের চাপায় (side covers) পোল-শূর সমরেখায় ছেঁদা রাখা হয় এবং তাহা "স্ক্রু-প্লাগ" (screw-plug) দিয়া বন্ধ করা থাকে। এই "প্লাগ" খুলিয়া ছেঁদার ভিতর দিয়া লম্বা "ফীলার-গেজ" (feeler gauge) চালাইয়া প্রত্যেক পোল ও আর্মেচারের মধ্যের ফাঁক কত তাহা মাঝে মাঝে মাপিয়া দেখিতে হয়। নূতন মেসিনে এই ফাঁক সব পোলের সম্মুখেই সমান থাকে। কিন্তু ব্যবহার করিতে করিতে বুশ ক্ষয় হইয়া গেলে ইহা কম-বেশী হইয়া যায়। মেসিন ব্যবহার করিবার সময় অন্ততঃপক্ষে বৎসরে একবার করিয়া এই ফাঁক মাপিয়া দেখিতে হয়। যদি দেখা যায় যে এই ফাঁকের তারতম্য ঘটিতেছে, তবে তাহার প্রতি বিশেষ লক্ষ্য রাখিতে হয়, এবং যখনই ধরা পড়ে যে সর্বাপেক্ষা কম ফাঁক সর্বাপেক্ষা বেশী ফাঁকের তিন-চতুর্থাংশ হইয়াছে, তখনই বুশকে বদলাইয়া ফেলা উচিত।

লক্ষণ। আর্মেচার ও ফীল্ড-পোলগুলির মধ্যে সমান ফাঁক থাকা প্রয়োজন। নতুবা আর্মেচার যে পোলের অধিকতর নিকটে থাকে, উহার উপর সেই পোলের আকর্ষণই বেশী জোরালো হয় ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৭ম কারণ দ্রষ্টব্য)। দুই পোল-ওয়ালা মেসিন অপেক্ষা বেশী পোল-ওয়ালা মেসিনেই এই দোষ বেশী হয়। ইহাতে দুইটি বেয়ারিংই সমান গরম হইয়া ওঠে। বেয়ারিং যত বেশী ক্ষয় হয়, এই দোষ ততই বেশী প্রকাশ পায়। বেয়ারিং ক্ষয় হইয়া আর্মেচার একপেশে হইয়া গেলে ব্রাশগুলিকে তুলিয়া লইয়া ফীল্ড দিয়া পূরা কারেন্ট পাঠাইবামাত্র আর্মেচার একদিকে সরিয়া যাইবে।

প্রতিকার। বেয়ারিংয়ের বুশ বদলাইয়া দেওয়া। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৭ম কারণের প্রতিকার দ্রষ্টব্য।)

৭ম কারণ। বেয়ারিং দুইটির কেন্দ্র (centre) এক লাইনে নাই।

লক্ষণ। হাতে করিয়া আর্মেচার ঘুরাইতে গেলে জোর লাগে ; বেয়ারিংয়ের মুহুরী ঢিলা করিয়া দিলে আর জোর লাগে না।

প্রতিকার। দুইটি বেয়ারিংয়ের কেন্দ্র (centre) এক লাইনে না থাকিলে একটিকে আবশ্যক মত এপাশে বা ওপাশে কিংবা উপরের দিকে বা নীচের দিকে সরাইয়া দিয়া শাফ্‌ট যাহাতে সহজে ঘুরিতে পারে সেইরূপ বন্দোবস্ত করিতে হইবে। বেয়ারিং সরাইবার পরে সকল ফীল্ড-পোল হইতেই আর্মেচার যাহাতে ঠিক সমান দূরে থাকে, ঐ সঙ্গে তাহাও লক্ষ্য রাখিতে হইবে।

৮ম কারণ। আর্মেচার-শাফ্‌টের কলার বা পুলি বেল্টিংয়ের দিকের বেয়ারিংয়ের গায়ে ঘষ্‌ড়াইয়া ঘোরে।

লক্ষণ। ইঞ্জিন বা লাইন-শাফ্‌টের সহিত মেশিন এক লাইনে না থাকিলে চলিবার সময় আর্মেচার-শাফ্‌টের কলার বা পুলি বেয়ারিংয়ের গায়ে ঠেকিয়া চলে। অনেক সময় উহারা বেল্টিং ও বেয়ারিংয়ের গায়েও ঘষ্‌ড়ায়।

প্রতিকার। প্রত্যেক মেসিনে একটু করিয়া "এণ্ড-প্লে" (end-play) বা "খেল্‌তা" থাকে। বেয়ারিংয়ের দিকে সমুখ করিয়া দাঁড়াইয়া শাফ্‌টকে হাত বা লাঠি দিয়া লম্বালম্বিভাবে (axially) ঠেলিয়া দিলে উহা যতটুকু সরিয়া যায়, তাহাই উহার এণ্ড-প্লে। এই খেল্‌তা থাকার জন্য কম্যুটেটার সমানভাবে ক্ষয় হয়; যতটা জায়গায় ব্রাশ উহার উপর চাপিয়া বসে, ততটা জায়গায় খাঁজ হইয়া যায় না। যখন মেসিন চলিবে, তখন শাফ্‌টটি একটু এদিক-ওদিক করিতে করিতে ঘুরিতে থাকিবে,—ইহাই স্বাভাবিক। কিন্তু কলার, পুলি বা বেল্টিং বেয়ারিংয়ের গায়ে ঠেকিয়া চলিলে এই খেল্‌তা আর থাকে না। সেইজন্য বেল্টিং আর পুলি সরাইয়া ইঞ্জিন বা লাইন-শাফ্‌টের কলার ঘষিয়া একটু পাতলা করিয়া দিয়া যাহাতে উহার খেল্‌তা বজায় থাকে তাহা করিতে হইবে। মেসিনের আকার বুঝিয়া এই খেল্‌তা সাধারণতঃ ০·৩২ সেন্টিমিটার হইতে ১ সেন্টিমিটার পর্যন্ত রাখা থাকে।

৯ম কারণ। অন্য অংশ হইতে তাপ চালিত হইয়া বেয়ারিংয়ে আসে।

লক্ষণ ও প্রতিকার। যে অংশ সর্বাপেক্ষা বেশী গরম, তাহা নির্ণয় করিয়া তাহার কারণ বাহির করা ও প্রতিকার করা ("কম্যুটেটার ও ব্রাশ গরমে"র ৭ম কারণ দ্রষ্টব্য)।

সপ্তম পরিচ্ছেদ

মোটর চলে না

১ম কারণ। মোটরের যত লোড টানিবার ক্ষমতা, তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী লোড উহার সহিত জুড়িয়া দেওয়া; উহার কোন অংশ এমন "আঁট" অথবা উহা অন্য কোন অংশের সহিত এত বেশী ঘষ্‌ড়ায় যে, মোটর চলে না।

লক্ষণ। আর্মেচার ও ফীল্ড-সারকিটে কারেন্ট ঠিক আছে, কিন্তু মোটর চালু করার সময় এত বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয় যে, ফিউজ পুড়িয়া যায় কিংবা অটোম্যাটিক সারকিট-ব্রেকার থাকিলে তাহা খুলিয়া পড়ে; যদি কোন কারণে ফিউজ না পোড়ে কিংবা সারকিট-ব্রেকার না খোলে, তবে আর্মেচার পুড়িয়া যায়; কম্যুটেটারে আগুন দেয়; শাফ্‌ট, বেয়ারিং বা অন্য অংশ আঁট হয়, কিংবা আর্মেচার ফীল্ড-পোলে ঠেকে।

প্রতিকার। প্রথমবার ফিউজ পুড়িলে বা সারকিট-ব্রেকার খুলিয়া গেলে নূতন করিয়া ফিউজ পরাইয়া দিতে বা সারকিট ব্রেকার লাগাইয়া দিতে হইবে। কিন্তু যদি আবার ফিউজ পুড়িয়া যায় বা সারকিট-ব্রেকার খুলিয়া পড়ে, তবে বুঝিতে হইবে নিশ্চয়ই কোথায়ও কিছু গোলমাল আছে। তখন ঐরূপ হওয়ার কারণ কি তাহা বাহির করিয়া প্রতিকার করার আগে পারতপক্ষে আর মেসিন চালু করিতে নাই। মোটরে অতিরিক্ত লোড পড়িলে তাহা কমাইয়া দিতে হয়, আর উহার কোন অংশে যদি আঁট থাকে, তবে তাহা দূর করা প্রয়োজন। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৩য় কারণ, "বেয়ারিং গরম" ও "মেসিন শব্দ করিয়া চলে" দ্রষ্টব্য।)

২য় কারণ। কোন-না-কোন অংশের তার কাটা বা সংযোগ খোলা।

লক্ষণ। কোন জায়গায় কিছু আঁট নাই, হাতে করিয়া ঘুরাইলে আর্মেচার বেশ ঘোরে; কিন্তু ভাল করিয়া পরীক্ষা করিলে হয়ত দেখা যাইবে—

ফিউজের তার কাটা, অথবা সুইচ্‌ মারা হয় নাই, অথবা সুইচ্‌ আর স্টার্টার হইতে যে তারগুলি মোটরে আসিয়াছে, তাহাদের মধ্যে কোন জায়গায় কাটা বা খোলা আছে। এইরূপ স্থলে সুইচ্‌ খুলিবার সময় একেবারেই আগুন দিবে না। কিংবা ফীল্ডের কোন তার কাটা বা উহার সংযোগ খোলা। এই দোষে কম্যুটেটার হইতে ব্রাশগুলি তুলিয়া লইয়া সুইচ্‌ মারিয়া একটি লোহা ফীল্ড-পোলের নিকটে ধরিলে পোল ঐ লোহাকে উপযুক্ত জোরে টানিবে না এবং আর্মেচার দিয়া বড় বেশী কারেন্ট যাইতে থাকিবে (ইহা মোটরের অ্যাম্মিটার হইতে দেখিতে পাওয়া যাইবে)। কিংবা আর্মেচারের সংযোগ কাটা। ইহাতে ফীল্ডের সংযোগ খুলিয়া সুইচ্‌ মারিয়া কোন একটি ব্রাশকে কম্যুটেটারের উপর হইতে তুলিয়া

লইলে ব্রাশে আগুন দিবে না। কিংবা স্টার্টারের দোষ। কিংবা হয়ত এই সকল কিছুই হয় নাই, কেবলমাত্র অল্পক্ষণের জন্য বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হইয়া গিয়াছিল। এইজন্য হঠাৎ মোটর না চলিলে অন্য জায়গায় কারেণ্ট আছে কিনা আগে তাহা দেখিতে হয়।

প্রতিকার। প্রথম কারণ, বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ। দ্বিতীয় কারণ, ফিউজের তার কাটা বা সুইচ্ মারা হয় নাই, প্রভৃতি। যদি এই সকল কিছু না হয়, তখন অন্য কারণ খুঁজিতে হইবে। কোন জায়গায় সংযোগ খোলা বা তার কাটা থাকিলে বর্তনী দিয়া কারেণ্ট যাইতে পারে না। সেইজন্য ইহা পরীক্ষা করিবার প্রধান ও সহজ উপায় মেসিনের ভিন্ন ভিন্ন অংশ দিয়া একে একে কারেণ্ট পাঠাইয়া দেখা বাতি জ্বলে কিনা। যে সারকিটে বাতি না জ্বলে কিংবা অতিশয় মিড়্ মিড়্ করিয়া জ্বলে, বুঝিতে হইবে সেইখানেই দোষ আছে। কিন্তু এই কথাটিও মনে রাখিতে হইবে যে, সাণ্ট মোটরের ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স বেশী বলিয়া এইভাবে পরীক্ষা করিবার সময় ফীল্ড-সারকিটে বাতি কমই জ্বলিবে; আর ইহাই স্বাভাবিক। অনন্তর যে অংশের সংযোগ খোলা দেখা যাইবে তাহা মেরামত করিয়া দিতে হইবে। স্টার্টারে তার কাটা বা ছেঁড়া থাকিলে তাহা মেরামত করিয়া লইতে হইবে।

৩য় কারণ। সংযোগের গোলমাল।

প্রতিকার। নূতন লোক হইলে, কিংবা ভুলবশতঃ, অনেক সময় সংযোগের গোলমাল হইতে পারে। সিরিজ মোটর হইলে আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল এবং স্টার্টার একটির পর একটি সিরিজে সংযুক্ত করিতে হয়, আর সাণ্ট মোটরের ক্ষেত্রে ফীল্ড এবং আর্মেচার পরস্পরের সহিত প্যার‍্যালেলে সংযুক্ত থাকে এবং স্টার্টিং রেজিস্ট্যান্স (starting resistance) আর্মেচারের সহিত সিরিজে যুক্ত হয়। আর্মেচারের সহিত ফীল্ডের সংযোগ অনেক মোটরে ভিতরেই করা থাকে। সেক্ষেত্রে স্টার্টারের সহিত সিরিজ মোটরের সংযোগ করিতে হইলে লাইন হইতে এক গাছা তার লইয়া স্টার্টারের এক টার্মিন্যালে যোগ করিয়া উহার অপর টার্মিন্যাল হইতে তার লইয়া মেসিনের এক টার্মিন্যালে দিতে হয়, এবং মেসিনের অপর টার্মিন্যালের সংযোগ লাইনের (main) অন্য তারের সঙ্গে করিতে হয়। মেসিন সাণ্ট কিংবা কম্পাউণ্ড মোটর হইলে উহার স্টার্টার তিন-টার্মিন্যাল যুক্ত হয় এবং মেসিনের গায়েও তিনটি টার্মিন্যাল থাকে। অনেক মেসিনে আবার চারিটি টার্মিন্যাল দেখা যায়। তাহাদের মধ্যে দুইটি ফীল্ড-কয়েলের এবং বাকী দুইটি আর্মেচারের টার্মিন্যাল। এমন জায়গায় একটি ফীল্ডের ও একটি আর্মেচারের টার্মিন্যাল একসঙ্গে যোগ করিয়া দিতে হয়; ইহাকে "কমন টার্মিন্যাল" (common terminal) বলে। সুতরাং বাহিরের সহিত সংযোগের জন্য সাণ্ট আর কম্পাউণ্ড মেসিনে তিনটি টার্মিন্যালই রাখা থাকে। মোটরের স্টার্টারে যে তিনটি টার্মিন্যাল থাকে, তাহাদিগকে যথাক্রমে "আর্মেচার", "ফীল্ড" ও "লাইন" টার্মিন্যাল বলে। অধিকাংশ স্টার্টারেই ঐ টার্মিন্যালগুলির কাছে বা গায়ে যথাক্রমে "A" অথবা "Arm", "F" অথবা "Field" অথবা "Shunt", এবং "L" অথবা "Line"

কথাটি লেখা থাকে। এখন সুইচের পজিটিভ প্রান্ত হইতে তার লইয়া স্টার্টারের "L" বা "Line" টার্মিন্তালে যোগ করিতে হয়, এবং স্টার্টারের অপর দুই টার্মিন্তাল হইতে দুই গাছা তার লইয়া উহার "F" বা "Field" টার্মিন্তাল মেসিনের ফীল্ড-কয়েলের সহিত আর "A" বা "Arm" টার্মিন্তাল মেসিনের আর্মেচারের সহিত যোগ করিতে হয়। মেসিনের "কমন" টার্মিন্তালের সহিত লাইনের নেগেটিভ টার্মিন্তাল সরাসরি সংযুক্ত থাকে।

৪র্থ কারণ। ফীল্ড-কয়েলে পুরা সর্ট-সারকিট আছে।

প্রতিকার। কয়েল নূতন করিয়া জড়াইয়া লইতে হইবে।

অষ্টম পরিচ্ছেদ

জেনারেটারে ভোণ্টেজ ওঠে না

১ম কারণ। মেসিন বা বাহিরের লাইনে সর্ট-সারকিট (short-circuit) আছে।

লক্ষণ। আর্মেচারে সর্ট-সারকিট থাকিলে উহাতে ভোণ্টেজ একরূপ উৎপন্নই হয় না; ফীল্ড-কয়েল দিয়া বাহির হইতে কারেণ্ট পাঠাইলেও আর্মেচারে ভোণ্টেজ দেখায় না; কারেণ্ট এত বেশী বৃদ্ধি পায় যে, ইঞ্জিন আস্তে হইয়া যায়, কম্যুটেটারে আগুন দেয় আর ফিউজ পুড়িয়া যায়; ফীল্ড-ম্যাগ্‌নেটের চুম্বকত্ব বুঝিতে পারা যায় বটে, কিন্তু অল্প; লাইনে সর্ট-সারকিট হইলে সাণ্ট মেসিন ভোণ্টেজ একেবারেই দেয় না; সিরিজ মেসিনে ভোণ্টেজ দেখায় বটে, কিন্তু উপরের লক্ষণগুলি প্রকাশ পায়।

প্রতিকার। আর্মেচারের সর্ট-সারকিট পরীক্ষা করার সময় জেনারেটার সাধারণতঃ যত ভোণ্টেজ দেয়, তাহার শতকরা ৫ হইতে ১০ ভাগ ভোণ্টে (অর্থাৎ ১১০ ভোণ্টের জেনারেটার হইলে ১০-১১ ভোণ্ট, আর ২২০ ভোণ্টের জেনারেটার হইলে ২০-২২ ভোণ্ট পর্যন্ত) আর্মেচার দিয়া কারেণ্ট পাঠাইয়া ভোণ্টমিটার দিয়া পাশাপাশি দুইটি দুইটি কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্ট পরীক্ষা করিলে যে কয়েলে সর্ট-সারকিট আছে, তাহাতে ভোণ্টেজ একেবারেই পাওয়া যাইবে না। বাহিরের লাইনে সর্ট-সারকিট থাকিলে তন্ন তন্ন করিয়া খুঁজিয়া বাহির করিয়া তাহা দূর করিতে হইবে। অনেক সময় বাতির হোল্ডারে (lamp-holder), সুইচের ভিতরে, কাট্‌-আউটে কিংবা ইন্‌সুলেটারে সর্ট-সারকিট থাকে। যদি জেনারেটার হইতে কারেণ্ট লইয়া কোন মোটর চালানো হয়, আর সেই মোটরের স্টার্টারে "নো-ভোণ্ট রিলীজ কয়েল" না থাকে, তবে সুইচ্ খুলিয়া মোটর বন্ধ করার পর স্টার্টারের হাতল পিছন দিকে ঘুরাইয়া দিতে ভুল হইয়া গেলে স্টার্টার সর্ট-সারকিট হইয়া থাকে এবং পুনরায় সুইচ্ মারিয়া মোটর চালাইবার সময় জেনারেটার ভোণ্টেজ দেয় না। সেইজন্য পাখার স্টার্টার ছাড়া আজকাল সকল মোটরের স্টার্টারেই নো-ভোণ্ট রিলীজ কয়েল থাকে।

২য় কারণ। কোন জায়গায় তার কাটা।

লক্ষণ। ফিউজের তার পোড়া, সারকিট-ব্রেকার বন্ধ করা হয় নাই, সুইচ্ মারা হয় নাই, মেসিনের ভিতরের কোন অংশের তার কাটা বা পোড়া, জেনারেটার হইতে সুইচ্-বোর্ডের মধ্যে কোন জায়গায় তার কাটা, ছেঁড়া বা সংযোগ ঢিলা।

প্রতিকার। ("মোটর চলে না"র ২য় কারণ, লক্ষণ ও প্রতিকার দেখ।)

৩য় কারণ। ব্রাশ ঠিক জায়গায় বসানো নাই, কিংবা উহা ভাল করিয়া কম্যুটেটারের উপর বসে না।

লক্ষণ। ব্রাশ যদি ঠিক জায়গায় বসানো না থাকে, তবে রকারের হাতল ধরিয়া ঘুরাইলে ভোল্টেজ কম-বেশী হয়; ব্রাশ কম্যুটেটারের উপর ভাল করিয়া না বসিলে কম্যুটেটারে আগুন দেয়।

প্রতিকার। ভিন্ন ভিন্ন মেসিনের আর্মেচার ভিন্ন ভিন্ন ভাবে জড়ানো থাকে বলিয়া সব মেসিনে ব্রাশ বসিবার জায়গা ঠিক এক হয় না। রকারের হাতল ধরিয়া সাবধানে কম্যুটেটারের উপর ব্রাশকে এদিক-ওদিক সরাইলে যেখানে আগুন দেওয়া বন্ধ হয়, সেখানেই ব্রাশকে বসানো উচিত। কোন কোন মেসিন আবার এমনভাবে তৈরী যে, লোড লইয়া চলিবার সময় উহার কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া একেবারে বন্ধ হয় না। ইহা দোষের নহে। অতিরিক্ত না হইলে এই আগুন দেওয়া বন্ধ করিবার চেষ্টা করিতে নাই। সাধারণতঃ জেনারেটার আর মোটর উভয় মেসিনেই ব্রাশের জায়গা এক; তবে জেনারেটারের ব্রাশ মেসিন যেদিকে ঘোরে সেই দিকে আরও একটু আগাইয়া আর মোটরের ব্রাশ একটু পিছাইয়া দিতে হয়।

উপরে যাহা বলা হইল, তাহা সেই সব জেনারেটার আর মোটরের পক্ষেই প্রযোজ্য যাহাদের ইণ্টার-পোল বা কম্যুটেটিং পোল নাই। আজকাল প্রায় সব মেসিনেই ইণ্টার-পোল থাকে; তাই সেই সব মেসিনের ব্রাশকে এদিক-ওদিক সরাইতে হয় না।

৪র্থ কারণ। সংযোগ উল্টা, অথবা মেসিনকে উল্টা দিকে ঘুরানো।

লক্ষণ। ফীল্ড-ম্যাগ্‌নেটের জোর কম বা একেবারেই নাই; লোহা নিকটে লইয়া গেলে টানে না; যদি ফীল্ড-কয়েলে বাহির হইতে কারেণ্ট দেওয়া হয়, তথাপি আর্মেচারে ভোল্টেজ দেখায় না। জেনারেটার যেদিকে ঘোরে, সাধারণতঃ মেসিনের গায়ে তীর-চিহ্ন দিয়া তাহা দেখানো থাকে। যদি ভুলক্রমে উহাকে তাহার বিপরীত দিকে ঘুরানো হয়, তাহা হইলেও এই দোষ দেখা দেয়। যদি কোন মেসিনের গতিমুখ নির্দেশ করা না থাকে, তবে মেসিন বসাইবার আগে তাহা জানিয়া লইতে হয়। আজকাল অবশ্য কম্যুটেটারের দিকে মুখ করিয়া দাঁড়াইলে ঘড়ির কাঁটা যেদিকে ঘোরে, তাহার বিপরীত দিকে (বামাবর্তে; anti-clockwise) আর্মেচারকে ঘুরানোই প্রচলিত নিয়ম হইয়া দাঁড়াইয়াছে।

প্রতিকার। হয় আর্মেচারের সংযোগ, আর না হয় ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দাও। (তবে দুই-ই যেন একসঙ্গে উল্টানো না হয়, তাহা হইলে দোষ থাকিয়া যাইবে।) জেনারেটার দুই-পোল ওয়ালা হইলে উহার ব্রাশকে ১৮০° ডিগ্রী আর চারি-পোল ওয়ালা হইলে ৯০° সরাইয়া দাও। মেসিনকে উল্টা দিকে ঘুরাইবার বন্দোবস্ত কর। কিন্তু এই সকল পরিবর্তনের কোন একটি অবলম্বন করিলে চুম্বকের জোর একেবারে নষ্ট হইয়া যাইতে পারে। তখন বাহির হইতে কারেণ্ট দিয়া আবার উহার জোর ঠিক করিয়া লইতে হইবে।

৫ম কারণ। এক বা একাধিক ফীল্ড-কয়েল উল্টা।

লক্ষণ। মেসিন দুই পোল-ওয়ালা হইলে বাহিরে প্রায় কিছুই ভোল্টেজ পাওয়া যায় না ; অধিক পোল-ওয়ালা জেনারেটার কিছু ভোল্টেজ দেয় বটে, কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে কম্যুটেটারে বড় বেশী আগুন দেয়।

প্রতিকার। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৭ম কারণ, লক্ষণ ও প্রতিকার দেখ।)

৬ষ্ঠ কারণ। জেনারেটার যখন না চলে, তখন উহার চুম্বকের জোর (residual magnetism) বড় কম, কিংবা একেবারেই থাকে না। যখন জেনারেটার না চলে, তখনও উহার ফীল্ড-পোলে কিছু চুম্বকত্ব থাকা দরকার ; নইলে চলিবার সময় আর্মেচারে ভোল্টেজ উৎপন্ন হইতে পারে না। অনেকগুলি কারণে জেনারেটারের ফীল্ডের চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যাইতে পারে। মেসিনে বেশী জোরে ধাক্কা লাগিলে বা উহা বড় বেশী কাঁপিতে থাকিলে, কিংবা ফীল্ডে কারেণ্ট না দিয়া আর্মেচারে জোরাল কারেণ্ট দিলে, কিংবা ফীল্ড দিয়া কোন সময় উল্টা দিকে কারেণ্ট পাঠাইলে, ফীল্ড-পোলের চুম্বকত্ব একেবারে নষ্ট হইয়া কিংবা উহার জোর কমিয়া যাইতে পারে।

লক্ষণ। ফীল্ডের চুম্বকত্ব কম বা একেবারে নাই।

প্রতিকার। অন্য কোন জেনারেটার বা স্টোরেজ ব্যাটারি হইতে কারেণ্ট লইয়া ফীল্ডের ভিতর দিয়া পাঠাইতে হইবে ; যদি তাহাতে জেনারেটারের ভোল্টেজ না ওঠে, তবে ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ উল্টা করিয়া আবার উহাতে কারেণ্ট দিয়া মেসিন চালাইতে হইবে। এই কারেণ্টের পরিমাণ ঐ জেনারেটারের ফীল্ড-কারেণ্টের পরিমাণের সমান হওয়া আবশ্যক। পূরা লোডে জেনারেটারের আর্মেচারে যত কারেণ্ট উৎপন্ন হয়, উহার ফীল্ড দিয়া তাহার প্রায় $\frac{1}{৩০}$ হইতে $\frac{1}{২০}$ ভাগ কারেণ্ট যায়। এইভাবে ফীল্ড দিয়া অল্প কারেণ্ট দেওয়ার সময় ব্রাশকে সম্ভবতঃ একটু সরাইয়া দিতে হইবে। সাণ্ট জেনারেটারের নষ্ট-চুম্বকত্ব ফিরাইয়া আনা যেমন সহজ, সিরিজ জেনারেটারে তেমন নয় ; কারণ এই মেসিনের ফীল্ডে বড় বেশী কারেণ্টের দরকার করে। কিন্তু তেমনি আবার সিরিজ মেসিনের নষ্ট-চুম্বকত্ব অতি শীঘ্র ফিরিয়া আসে। যদি ফীল্ড-পোলে কিছুমাত্র চুম্বকত্ব অবশিষ্ট থাকে, তবে মেসিনের টার্মিন্যাল সর্ট-সারকিট করিয়া দিলে অতি শীঘ্র চুম্বকত্ব বৃদ্ধি পায়। এইভাবে মেসিন সর্ট সারকিট করিবার সময় এমন সতর্কতা অবলম্বন করিতে হয় যাহাতে উহার আর্মেচারে স্বাভাবিক কারেণ্টের দেড় গুণ অপেক্ষা বেশী কারেণ্ট উৎপন্ন হইতে না পারে ; অর্থাৎ যে-মেসিন ৩০ অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট দেয়, সর্ট-সারকিট করিলে তাহাতে যেন ৪৫ অ্যাম্পিয়ারের বেশী কারেণ্ট জন্মিতে না পারে। এইরূপ করিতে হইলে যে-তার দিয়া উহার টার্মিন্যাল সর্ট-সারকিট করা হইবে, তাহার সহিত এমন একটি ফিউজ লাগাইয়া দিতে হইবে যাহাতে কারেণ্টের পরিমাণ বেশী হইলেই ঐ ফিউজ পুড়িয়া যায়। এই উপায়ের দ্বারা কিছু ফল না পাইলে তবেই মেসিনের ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে।

নবম পরিচ্ছেদ

ভোল্টেজ ঠিক পরিমাণমত হয় না

১ম কারণ। মেসিন খুব বেশী জোরে অথবা খুব কম জোরে ঘোরে।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (দশম পরিচ্ছেদ দেখ।)

২য় কারণ। জেনারেটার হইতে বড় বেশী কারেন্ট লওয়া হয় (over-load)।

লক্ষণ ও প্রতিকার। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৩য় কারণ এবং দশম পরিচ্ছেদ দেখ।)

৩য় কারণ। আর্মেচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট বা উহার সংযোগ উল্টা।

লক্ষণ ও প্রতিকার। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৪র্থ কারণ দেখ।)

৪র্থ কারণ। ব্রাশ ঠিক জায়গায় বসানো নাই।

লক্ষণ। ব্রাশ এদিক-ওদিক সরাইলে জেনারেটারের ভোল্টেজও কম-বেশী হয়। উদাসীন অক্ষ (neutral axis) হইতে ব্রাশ যত সরানো যায়, ভোল্টেজ ততই কমিতে থাকে। যে-সকল জেনারেটারে ইন্টার-পোল থাকে, তাহাদের ব্রাশ দুইটি প্রধান পোলের ঠিক মাঝখানে একেবারে আঁটিয়া দেওয়া উচিত। মেসিন যেদিকে ঘোরে, এই ধরনের জেনারেটারের ব্রাশ সেই দিকে একটু আগাইয়া দিলে ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায়, আর পিছাইয়া দিলে ভোল্টেজ কমিয়া যায়।

প্রতিকার। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৫ম কারণ দেখ।)

৫ম কারণ। ফীল্ডের জোর খুব বেশী অথবা খুব কম।

লক্ষণ ও প্রতিকার। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৭ম কারণ আর "জেনারেটারে ভোল্টেজ ওঠে না"র ৬ষ্ঠ কারণ দেখ।)

৬ষ্ঠ কারণ। ফীল্ড-কয়েল উল্টা। উহার তারে সর্ট-সারকিট, কিংবা ফীল্ডের সংযোগ কাটা।

লক্ষণ। ইহা ৫ম কারণেরই অংশ বিশেষ। ইহাতে ফীল্ডের জোর বড় বেশী কমিয়া যায়। দুইটি ফীল্ড কয়েল না থাকিলে জেনারেটারের যে ক্ষতি হয়, একটি ফীল্ড-কয়েল উল্টা হইলে মেসিনের সেই ক্ষতি হয়; কেননা, একটি কয়েল উল্টা হইয়া যে উল্টা চুম্বকত্ব উৎপাদন করে, তাহার প্রভাব দূর করিতে আর একটি চুম্বকের দরকার হয়। ইহা চুম্বক গরম হওয়া, কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া, প্রভৃতি দোষের সৃষ্টি করে। (ফীল্ড-কয়েলে সর্ট-সারকিট, উহার সংযোগ কাটা আর তাহার প্রতিকার সম্বন্ধে "কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৭ম কারণ দেখ।)

দশম পরিচ্ছেদ

মোটর ও জেনারেটার ঠিকমত ঘোরে না

(ক) মেসিন বেশী জোরে ঘোরে

১ম কারণ। মোটরের লোড কম।

লক্ষণ ও প্রতিকার। মোটরের ফীল্ডের জোর কম থাকিলে মেসিন জোরে চলে। সিরিজ মোটরে লোড না থাকিলে উহা এত বেশী জোরে ঘোরে যে, তাহাতে মেসিন নষ্ট হইয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। সান্ট মোটরও এই কারণে জোরে চলে বটে, কিন্তু সিরিজ মোটরের মত নহে। যে লাইনের ভোল্টেজ সব সময় সমান থাকে (constant-potential circuit), তাহাতে সিরিজ মোটর লাগাইয়া সেই মোটরের সহিত বেল্টিং দিয়া অন্য কোন মেসিন পরিচালনার সময় কোনক্রমে যদি ঐ বেল্টিং ছিঁড়িয়া বা খুলিয়া যায়, তবে মোটর এত জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে যে, সব ভাঙ্গিয়া-চুরিয়া যাইতে পারে। এইজন্য সিরিজ মোটর ব্যবহার করিতে হইলে দাঁতওয়ালা চাকা (pinion) দিয়া, কিংবা লোডের শাফ্‌ট মোটরের শাফ্‌টের সহিত সরাসরি যোগ করিয়া, মোটর চালনা করিতে হয় যাহাতে উহার লোড কোন রকমে হঠাৎ একেবারে কমিয়া যাইতে না পারে। সিরিজ মোটরের শাফ্‌টে সকল সময়েই লোড-সংযুক্ত থাকা প্রয়োজন।

২য় কারণ। লাইনের ভোল্টেজ বড় বেশী।

লক্ষণ। মোটর বেশী জোরে ঘোরে। ইহা ব্যতীত অন্য কোন লক্ষণ প্রকাশ পায় না।

প্রতিকার। নিজেদের জেনারেটার অথবা ব্যাটারি হইতে কারেন্ট আসিলে উহার ভোল্টেজ কম করিয়া দিতে হইবে, আর বিদ্যুৎ সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানের লাইন হইতে কারেন্ট আসিলে তাহাদিগকে সংবাদ দিতে হইবে। কিন্তু সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানের লাইনে ভোল্টেজ প্রায়ই এমন কম-বেশী হয় না যাহাতে মোটরের এইরূপ দোষ ঘটিতে পারে।

৩য় কারণ। ফীল্ডের জোর কম। সান্ট মোটরের ফীল্ড-সারকিটের সংযোগ খারাপ থাকিলেও এই দোষ প্রকাশ পায়। তখন মোটর চালু করিবামাত্র গতিবেগ বৃদ্ধি পায় আর ফিউজ পুড়িয়া যায়।

লক্ষণ ও প্রতিকার। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৭ম কারণ দ্রষ্টব্য।)

৪র্থ কারণ। আর্মেচারের তার ছেঁড়া।

লক্ষণ ও প্রতিকার। মোটর বেশী জোরে চলে। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৬ষ্ঠ কারণ দ্রষ্টব্য।)

৫ম কারণ। কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের সিরিজ ফীল্ড সান্ট ফীল্ডকে সাহায্য না করিয়া উহার চুম্বকত্ব হ্রাস করে।

লক্ষণ। লোড যতই বাড়ানো যায়, মোটরের গতিবেগ ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে, অবশেষে সেই গতিবেগ প্রবল হইয়া ওঠে।

প্রতিকার। কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডকে সাহায্য করে। যদি সংযোগের দোষে তাহা না হইয়া উল্টা হইয়া যায়, তবে লোড যত বৃদ্ধি পাইতে থাকে, ফীল্ডের সমবেত বলরেখার সংখ্যা ততই কমিয়া যায়; ফলে মোটর জোরে চলে। এইরূপ স্থলে সিরিজ ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হয়।

আর একরকম কম্পাউণ্ড মোটর আছে, চলিবার সময় যাহার সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডের চুম্বকত্বকে আংশিকভাবে হ্রাস করে। এই মোটরকে ডিফারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মোটর বলে। তবে ইহার ব্যবহার খুবই কম। সচরাচর যে জাতীয় কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা হয়, তাহাতে উহার সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডের চুম্বকত্বকে সাহায্যই করে। ইহারই ইংরাজি নাম কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর। এমন কম্পাউণ্ড মোটরের কথাই এইখানে বলা হইতেছে।

(খ) মেসিন বড় আস্তে চলে

৬ষ্ঠ কারণ। মোটরে অতিরিক্ত লোড পড়া।

লক্ষণ ও প্রতিকার। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৩য় কারণ আর "আর্মেচার ও ফীল্ড কয়েল গরম" দ্রষ্টব্য।) যদি লোড কমাইতে পারা না যায়, তবে মোটরের পুলি ছোট করিয়া কিংবা লাইন-শাফ্‌ট অথবা মোটরের দ্বারা যে মেসিন পরিচালিত হইতেছে তাহার পুলি বড করিয়া দিতে হইবে।

৭ম কারণ। আর্মেচারে সর্ট-সারকিট কিংবা আর্থ।

লক্ষণ ও প্রতিকার। ("আর্মেচার ও ফীল্ড-কয়েল গরম"-এর ১ম কারণ দেখ।)

৮ম কারণ। বেয়ারিংয়ে শাফ্‌ট সহজে ঘোরে না,—আঁট হয়।

লক্ষণ ও প্রতিকার। ("বেয়ারিং গরম"-এর ৫ম কারণ দেখ।)

৯ম কারণ। পোলের গায়ে আর্মেচার ঠেকে।

লক্ষণ ও প্রতিকার। ("মেসিন বড আওয়াজ করিয়া চলে"-এর ৩য় কারণ দেখ।)

একাদশ পরিচ্ছেদ

মেসিন বড় বেশী আওয়াজ করিয়া চলে

১ম কারণ। কম্যুটেটার উষ্কখুষ্ক ও উঁচুনীচু হওয়ার দরুন, কম্যুটেটারে চট্‌চটে ময়লা পড়িয়া থাকার জন্য, অথবা ব্রাশ-হোল্ডার ঢিলা কিংবা স্প্রীংয়ের জোর কম বলিয়া মেসিন চলিবার সময় আগুন আর "ছচ্ছড়" আওয়াজ দেয়; ব্রাশ কম্যুটেটারের উপর ভাল করিয়া বসে না।

লক্ষণ ও প্রতিকার। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ১ম ও ২য় কারণ দ্রষ্টব্য।) কম্যুটেটার ও ব্রাশ নূতন হইলে প্রথম প্রথম দুই-একদিন একটু বেশী শব্দ করে, কিন্তু পরে তাহা ঠিক হইয়া যায়।

২য় কারণ। পুলির উপর বেল্টিংয়ের জোড়ের "কটাস্" "কটাস্" আওয়াজ।

লক্ষণ। যতবার বেল্টিংয়ের জোড় ঘুরিয়া ঘুরিয়া পুলির উপর আসে, ততবারই এই আওয়াজ হয়। একের অধিক জোড় থাকিলে এই আওয়াজ বেশীবার হয়। আবার এই জোড় ভাল না হইলে যতবার ইহা পুলির উপর দিয়া যায়, ততবারই মেসিন কাঁপিয়া ওঠে। ইহার শব্দ অন্য শব্দ হইতে সম্পূর্ণ পৃথক এবং শুনিবামাত্র তাহা বুঝিতে পারা যায়।

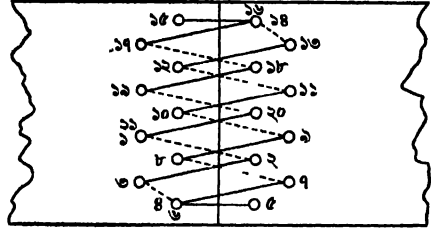
প্রতিকার। সাধারণতঃ মিস্ত্রীরা বেল্টিংয়ের একদিকের উপর অন্যদিক চাপান (over-lap) দিয়া সেলাই করিয়া দেয়। ইহাতে তত বেশী শব্দ হয় না। কিন্তু যদি সেলাইয়ের পরিবর্তে লোহার "বেল্ট-ফাস্‌নার" (belt-fastener) দিয়া জোড়া থাকে (২১১নং চিত্র), তবে ঐ জোড় যতবার পুলির উপর দিয়া চলিয়া যাইবে, ততবারই পুলিতে "কটাস্ কটাস্" করিয়া শব্দ হইবে। যে বেল্টের জোড় নাই—একেবারে মালার মত—সেই বেল্টই সর্বাপেক্ষা ভাল। কিন্তু এমন বেল্ট ফরমাইস দিয়া তৈরী না করাইলে পাওয়া যায় না, আর তাহাও আবার লাইন-শাফ্‌টের মাঝখানে ব্যবহার করা সম্ভব নয়।

বেল্ট-ফাস্‌নার দিয়া জোড়া বেল্ট

২১১নং চিত্র

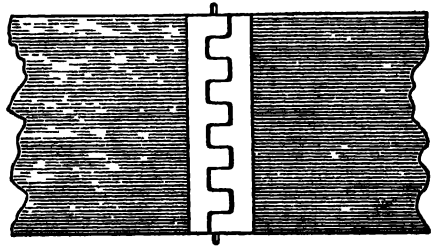
তাই জোড় দিয়া বেল্ট তৈরী করাই প্রচলিত নিয়ম। এইভাবে বেল্ট তৈরী করার সময় স্লাইড-রেলের (slide-rails) উপর মেসিনকে ইঞ্জিন বা লাইন-শাফ্‌টের দিকে যতদূর সম্ভব সরাইয়া দিয়া বেল্টের মাপ লইতে হয়; কেননা নূতন বেল্ট চলিতে চলিতে বাড়িয়া যায়। এই বৃদ্ধির পরিমাণ সচরাচর প্রতি মিটার বেল্টিংয়ের জন্য ১·৫ হইতে ৩ সেন্টিমিটার পর্যন্ত হয়। বেল্টিংয়ে জোড় দিবার সময় উহার মুখ উল্টা দিকে পাতলা করিয়া একটি অপরটির উপর রাখিয়া চামড়ার ফিতা দিয়া সেলাই বা রিভেট (rivet) করা দরকার। বেল্টের মুখ এইরূপে পাতলা করিয়া না দিলে চলিবার সময় "ফট" "ফট" আওয়াজ হয়; আর যদি ইহা জেনারেটারের বেল্ট হয় এবং সেই জেনারেটার

হইতে কারেণ্ট লইয়া বাতি জ্বালান হয়, তবে বাতির আলো দপ্ দপ্ করিয়া কাঁপিতে থাকে।

চামড়া দিয়া বেল্টিং সেলাই করিতে হইলে তাহার এক সুন্দর উপায় আছে। সে উপায়টি এই :—বেল্টিংয়ের দুই মুখ চৌরস করিয়া (square) কাটিয়া "পাঞ্চ" (punch) দিয়া উহার দুই মুখেই সমানভাবে দুই সারি ছেঁদা কর। বেল্টিংয়ের মুখের কাছের ছেঁদাগুলি যেন মুখ হইতে অন্ততঃ ২'২৫ সেন্টিমিটার আর ধারের দিকের ছেঁদাগুলি বেল্টিংয়ের পাশ হইতে ২'০ সেন্টিমিটার দূরে থাকে। অন্য সারির ছেঁদাগুলি বেল্টিংয়ের মুখ হইতে ২'৫ সেন্টিমিটার দূরে

চামড়ার ফিতা দিয়া জোড়া বেল্ট

২১২নং চিত্র

থাকিবে। অনন্তর একটি চামড়ার ফিতা লইয়া ১নং ছেঁদা হইতে আরম্ভ করিয়া (২১২নং চিত্র দেখ) ২, ৩, ৪ প্রভৃতি নম্বরের ছেঁদা দিয়া পরে পরে গলাইয়া সর্বশেষে পুনরায় ১ নম্বরে আসিয়া শেষ কর। এইরূপে অতি সুন্দরভাবে বেল্টিং জুড়িতে পারা যায়। ছোট বেল্টিং হইলে দুই সারির পরিবর্তে এক সারি ছেঁদা করিলেই কাজ চলে। তখন অবশ্য ছেঁদার সংখ্যাও কম হয়। বেল্টের অপর পীঠের সেলাইগুলি চিত্রে ফুট্‌কি ফুট্‌কি লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে।

আজকাল আর একরকম বেল্ট-ফাস্‌নারের খুবই প্রচলন হইয়াছে, যাহাকে "অ্যালিগেটার" (Alligator) বেল্ট-ফাস্‌নার বলে। ইহা চিরুণীর দাঁড়ার মত ও ধাতুর তৈরী। এই "ফাস্‌নার" দিয়া বেল্টিং জুড়িতে হইলে বেল্টিংয়ের লম্বাই এতটা রাখিতে হয় যাহাতে উহার দুই প্রান্ত পুলির উপর দিয়া ঘুরিয়া আসিয়া ঠিক মুখোমুখি হইয়া ঠেকিয়া না গিয়া একটু কম থাকে। এইবার বেল্টিংয়ের চওড়া অনুযায়ী বেল্ট-ফাস্‌নার দুই খণ্ডে কাটিয়া লইয়া তাহার দাঁড়াগুলির

অ্যালিগেটার বেল্ট-ফাস্‌নার দিয়া জোড়া বেল্ট

২১৩নং চিত্র

এক প্রান্ত হাতুড়ী দিয়া বেল্টিংয়ের প্রান্তের এক পীঠে ঢুকাইয়া দেওয়া হয়, আর অন্য প্রান্ত অপর পীঠে ঐরূপ ঢুকানো থাকে। তেমনি আবার বেল্টিংয়ের অন্য প্রান্তেও "ফাস্‌নার" ঠুকিয়া দেওয়া হয়। এখন বেল্টিংয়ের ঐ দুই মুখ একসঙ্গে করিয়া দাঁড়ার খাঁজে খাঁজে দুই প্রান্ত ঢুকাইয়া দিয়া একটা তার পরাইয়া দিলেই বেল্টিং জোড়া লাগিয়া যায়। বেল্ট-ফাস্‌নারের বাক্সের ভিতরেই ঐ তার যথেষ্ট পরিমাণে থাকে।

ছোট-বড় বেল্টিং হিসাবে এই "ফাস্নারের" দাড়ার ফাঁক আর আকার কম-বেশী হয়।

৩য় কারণ। আর্মেচার ফীল্ড-পোলের গায়ে ঠেকে।

লক্ষণ। ফীল্ড-পোলের কাছে কান লইয়া গেলে আর্মেচার ঠেকার শব্দ শুনিতে পাওয়া যায়; আর্মেচার ও ফীল্ড-পোলের উপরিভাগ স্থানে স্থানে চক্‌চকে; আর্মেচার আস্তে আস্তে ঘুরাইলে যেখানে উহা পোলের গায়ে ঠেকে, সেইখানে মেসিন আঁট হয়। এই দোষ শীঘ্র না সারাই করিলে ঘষিয়া ঘষিয়া আর্মেচার-কয়েলের ইন্‌সুলেশন্ নষ্ট হইয়া গিয়া কয়েলে সর্ট-সারকিট উৎপন্ন হইতে পারে।

প্রতিকার। (বেয়ারিং ক্ষয় হইয়া পোলের গায়ে আর্মেচার ঠেকিলে "বেয়ারিং গরম"-এর ৩য় কারণ আর আর্মেচার-শাফ্‌ট বাঁকিয়া যাওয়ার দরুন ঐ দোষ হইলে ৫ম কারণ দ্রষ্টব্য।) ফীল্ড-পোলের উপর লোহা বা অন্য কিছু উঁচু হইয়া থাকিলে তাহা কাটিয়া ও ঘষিয়া দিতে হইবে। আর্মেচারের কয়েলগুলি বেশ আঁট করিয়া "ছোটা" (strap) দিয়া বাঁধা না থাকিলে ভাল করিয়া বাঁধিয়া দিতে হইবে।

৪র্থ কারণ। আর্মেচার-শাফ্‌টের কলার বা পুলি শাফ্‌টের উপর ঢিলা; কিংবা অপর কোন অংশ ঢিলা; অথবা বেয়ারিংয়ের গায়ে বেল্টিং ঠেকে।

লক্ষণ। মেসিনের কোন অংশ ঢিলা থাকিলে উহা চলিবার সময় এক প্রকার ঝন্‌ঝনে আওয়াজ দেয়। বেল্টিং বেয়ারিংয়ের গায়ে ঠেকিয়া চলিলে ঘষ্‌ড়ানো আওয়াজ দিবে।

প্রতিকার। মেসিনের প্রত্যেক অংশের কাছে কান লইয়া গিয়া অনেকক্ষণ ধরিয়া শুনিতে হয়—সেই শব্দ ঐখান হইতেই উঠিতেছে কিনা। যদি শব্দ সেখান হইতে উঠিতেছে বলিয়া মনে হয়, তবে মেসিন বন্ধ করিয়া কোথায় কি ঢিলা আছে তাহা খুঁজিয়া বাহির করিতে হইবে এবং ঢিলা অংশ ভালভাবে আঁট করিয়া দিতে হইবে। বেয়ারিংয়ের গায়ে বেল্টিং ঠেকিলে সম্ভবতঃ পুলিকে লাইন-শাফ্‌ট কিংবা অপর মেসিনের পুলির সহিত বরাবর করিয়া লইতে হইবে। মেসিনের এণ্ড-প্লে (end-play) যাহাতে অধিক না হয় সেইজন্য শাফ্‌টের উপরে ওয়াশার (washer) বা কলার (collar) দিয়া "প্লে" কমাইবার বন্দোবস্ত করিতে হইবে; যদি এণ্ড-প্লে বেশী না থাকে অথচ শাফ্‌টের কলার প্রভৃতি বেয়ারিংয়ে ঠেকে, তবে সম্ভব হইলে কলার প্রভৃতি একটু ঘষিয়া দিতে হইবে যাহাতে চলিবার সময় উহা আর বেয়ারিংয়ের গায়ে না লাগে।

৫ম কারণ। মেসিনের যে যে অংশ ঘোরে, তাহাদের ভার-সাম্যতার অভাব।

লক্ষণ ও প্রতিকার। ("কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া"র ৮ম কারণ দ্রষ্টব্য।)

৬ষ্ঠ কারণ। বেল্টিং পুলির উপর পিছলাইয়া যায়।

লক্ষণ ও প্রতিকার। সম্ভবতঃ বেল্টিং ঢিলা অথবা মেসিনের লোড বেশী হইয়াছে। স্লাইড-রেল দিয়া মেসিন একটু সরাইয়া দিলে ঢিলা বেল্টিং আঁট হইবে; আর লোড বেশী হইলে লোড কমানোই উহার একমাত্র প্রতিকার। বেল্টিং পিছলাইয়া গেলে রজন-গুঁড়া করিয়া বেল্ট ও পুলির মাঝখানে ফেলিয়া দিলে বেল্ট

পুলির উপর কামড়াইয়া ধরিবে। বেল্টের উপর রজন দেওয়ার প্রথা খুব প্রচলিত আছে, কিন্তু উহা যথাসম্ভব না দেওয়াই ভাল। সরু বেল্ট পরানো থাকিলে মেসিন লোডসহ চলিবার সময় উহা পিছলাইতে থাকে। অপেক্ষাকৃত বেশী চওড়া বেল্টই তখন উহার একমাত্র প্রতিকার। জেনারেটার আর মোটর চলিবার সময় একরূপ "কোঁ" করিয়া আওয়াজ হয়, ইহা দোষের নহে। যে-সকল আর্মেচার-কোরে খাঁজ কাটা (slotted armature-core) থাকে, তাহারা চলিলেই অন্য মেসিন অপেক্ষা বেশী আওয়াজ হয়। আওয়াজ প্রতিকারের যোগ্য মনে হইলে ফীল্ড-পোলের কোণগুলি ঘষিয়া, আর সম্ভব হইলে ফীল্ডের জোর কিছু কমাইয়া, আওয়াজ দেওয়া বন্ধ থাকে কিনা তাহা দেখিতে হইবে।

পরিশিষ্ট

INDIAN ELECTRICITY RULES, 1956.

CHAPTER IV

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন, ১৯৫৬

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

GENERAL SAFETY PRECAUTIONS

নিরাপত্তা সম্পর্কে সাধারণ সতর্কতা

29. Construction, installation, protection, operation and maintenance of electric supply lines and apparatus.—(1) All electric supply lines and apparatus shall be sufficient in power and size and of sufficient mechanical strength for the work they may be required to do, and, shall be constructed, installed, protected, worked and maintained in such a manner as to prevent danger.

(2) Save as otherwise provided in these Rules, the relevant Code of Practice of the Indian Standards Institution, if any, may be followed to carry out the purposes of this rule and in the event of any inconsistency, the provisions of these rules shall prevail.

২৯। বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতির নির্মাণ, স্থাপন, সংরক্ষণ, পরিচালন ও রক্ষণ।—(১) যে কাজের জন্য ব্যবহার করা হইবে, সেই কাজের পক্ষে প্রত্যেকটি বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতি আকারে, শক্তিতে ও যান্ত্রিক বলে পর্যাপ্ত হওয়া দরকার, এবং উহাদের এমনভাবে নির্মাণ, স্থাপন, সংরক্ষণ, পরিচালন ও রক্ষণ করিতে হইবে যাহাতে বিপদ নিবারিত হয়।

(২) যদি না ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনে অন্য প্রকার শর্ত আরোপ করা থাকে, তবে এই আইনের বিধানগুলি পালন করিবার সময় ভারতীয় মানক সংস্থার নিয়মাবলীতে এই প্রসঙ্গে কোন প্রচলিত রীতি থাকিলে তাহা অনুসরণ করা চলিতে পারে, এবং সেক্ষেত্রে কোন বিরুদ্ধ মত দেখা দিলে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের নিয়মাবলীই মানিয়া লইতে হইবে।

30. Service lines and apparatus on consumer's premises.—(1) The supplier shall ensure that all electric supply lines, wires, fittings, and apparatus belonging to him or under his control, which are on a consumer's premises, are in a safe condition and

in all respects fit for supplying energy and the supplier shall take due precautions to avoid danger arising on such premises from such supply lines, wires, fittings and apparatus.

(2) Service lines placed by the supplier on the premises of a consumer which are underground or which are accessible shall be so insulated and protected by the supplier as to be secured under all ordinary conditions against electrical, mechanical, chemical or other injury to the insulation.

(3) The consumer shall, as far as circumstances permit, take precautions for the safe custody of the equipment on his premises belonging to the supplier.

(4) The consumer shall also ensure that the installation under his control is maintained in a safe condition

৩০। গ্রাহকের বাড়ী ও তৎসংলগ্ন জমিতে স্থাপিত সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতি।—(১) সরবরাহকারীকে এমন নিশ্চয়তা দিতে হইবে যে, গ্রাহকের বাড়ীতে তাহার মালিকানায় বা আয়ত্তাধীনে স্থাপিত সমস্ত বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন, তার, সরঞ্জাম ও যন্ত্রপাতি নিরাপদ অবস্থায় আছে এবং ঐগুলি বিদ্যুৎ সরবরাহের পক্ষে উপযুক্ত এবং এই সকল সরবরাহ লাইন, তার, সরঞ্জাম ও যন্ত্রপাতি হইতে গ্রাহকের বাড়ীতে কোন সম্ভাব্য বিপদ যাহাতে না দেখা দেয়, সেই বিষয়ে সরবরাহকারীকে প্রয়োজনীয় সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে।

(২) সরবরাহকারী কর্তৃক গ্রাহকের বাড়ীতে ভূগর্ভে কিংবা নাগালের মধ্যে যে-সকল সরবরাহ লাইন স্থাপিত হইবে, সেই সকল লাইন সরবরাহকারী কর্তৃক এমনভাবে অন্তরিত (insulated) ও সংরক্ষিত থাকিবে যাহাতে লাইনের অন্তরণ (insulation) সকল প্রকার সাধারণ অবস্থায় বৈদ্যুতিক, যান্ত্রিক, রাসায়নিক বা অন্য ক্ষতি হইতে নিরাপদ থাকে।

(৩) পারিপার্শ্বিক অবস্থা অনুসারে যতটা সম্ভব গ্রাহককে তাহার বাড়ীতে সরবরাহকারীর মালিকানায় স্থাপিত যন্ত্রপাতির নিরাপদ রক্ষণাবেক্ষণের জন্য সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে।

(৪) গ্রাহককে তাহার আয়ত্তাধীনে রাখা যন্ত্রপাতির নিরাপত্তা সম্পর্কেও নিশ্চয়তা দিতে হইবে।

31. Cut-out on consumer's premises.—(1) The supplier shall provide a suitable cut-out in each conductor of every service line other than an earthed or earthed neutral conductor or the earthed external conductor of a concentric cable within a consumer's

premises, in an accessible position. Such cut-out shall be contained within an adequately enclosed fire-proof receptacle.

(2) Where more than one consumer is supplied through a common service line, each such consumer shall be provided with an independent cut-out at the point of junction to the common service.

(3) Nothing contained in sub-rule (1) shall be deemed to require the supplier to provide in an accessible position any conductor or apparatus intended for use at high or extra-high voltage as are referred to in clause (a) of sub-rule (1) and clause (a) of sub-rule (2) of rule 64

(4) The owner of every electric supply line, other than the earthed or earthed neutral conductor of any system, or the earthed external conductor of a concentric cable, shall protect it by a suitable cut-out.

৩১। গ্রাহকের বাড়ীতে ব্যবহৃত কাট্-আউট্ বা ছেদক।—(১) সরবরাহ-কারীকে গ্রাহকের বাড়ীতে মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী অথবা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী অথবা মাটির সহিত যুক্ত এককেন্দ্রীয় কেব্‌লের বাহিরের পরিবাহী ব্যতীত প্রত্যেকটি সরবরাহ লাইনের প্রতিটি পরিবাহীতে একটি করিয়া উপযুক্ত কাট্-আউট্ বা ছেদকের ব্যবস্থা নাগালের মধ্যে করিতে হইবে। এইরূপ কাট্-আউট্ পর্যাপ্ত পরিমাণে আচ্ছাদিত অদাহ্য পাত্রে রাখা থাকিবে।

(২) যেখানে একটি সাধারণ সরবরাহ লাইন হইতে একাধিক গ্রাহককে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়, সেখানে এইরূপ প্রত্যেক গ্রাহকের জন্য সাধারণ সরবরাহ লাইনের সংযোগস্থলে আলাদাভাবে একটি করিয়া কাট্-আউটের বন্দোবস্ত করিতে হইবে।

(৩) ৬৪নং নিয়মের ১নং উপনিয়মের (ক) ধারায় এবং ২নং উপনিয়মের (ক) ধারায় উচ্চ এবং অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপে ব্যবহারের নিমিত্ত কোন পরিবাহী বা যন্ত্রপাতিকে যে অবস্থায় রাখার কথা উল্লেখ করা হইয়াছে, সেই অবস্থায় না রাখিয়া সরবরাহকারী কর্তৃক উহাদের নাগালের মধ্যে রাখা প্রয়োজন—এমন কোন শর্ত ১নং উপনিয়মের অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে বলিয়া মনে করা হইবে না।

(৪) যে-কোন বৈদ্যুতিক ব্যবস্থার মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী কিংবা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী, অথবা এককেন্দ্রীয় কেব্‌লের বাহিরের পরিবাহী ব্যতীত প্রতিটি সরবরাহ লাইনের মালিককে একটি উপযুক্ত কাট্-আউট্ দ্বারা ঐ লাইন রক্ষা করিতে হইবে।

32. Identification of earthed and earthed neutral conductors and position of switches and cut-outs therein.—Where the conductors include an earthed conductor of a two-

wire system or an earthed neutral conductor of a multi-wire system or a conductor which is to be connected thereto, the following conditions shall be complied with :

(1) An indication of a permanent nature shall be provided by the owner of the earthed or earthed neutral conductor, or the conductor which is to be connected thereto, to enable such conductor to be distinguished from any live conductor. Such indication shall be provided—

(a) where the earthed or earthed neutral conductor is the property of the supplier, at or near the point of commencement of supply ;

(b) where a conductor forming part of a consumer's system is to be connected to the supplier's earthed or earthed neutral conductor, at the point where such connection is to be made ;

(c) in all other cases, at a point corresponding to the point of commencement of supply or at such other point as may be approved by an Inspector or any officer appointed to assist the Inspector and holding Gazetted rank.

(2) No cut-out, link or switch other than a linked switch arranged to operate simultaneously on the earthed or earthed neutral conductor and live conductors shall be inserted or remain inserted in any earthed neutral conductor of a two-wire system or in any earthed or earthed neutral conductor of a multi-wire system or in any conductor connected thereto with the following exceptions :

(a) a link for testing purposes, or

(b) a switch for use in controlling a generator or transformer.

Note : For the purposes of this rule, the relevant Indian Standard relating to marking and arrangement for switch gear, bus-bar, main connections and auxiliary wiring may be referred to.

৩২। **মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী এবং মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী সনাক্তকরণ এবং ঐ সকল পরিবাহীতে স্যুইচ ও কাট্-আউটের অবস্থান।**—যেখানে দুই-তার বিশিষ্ট বিদ্যুৎ পরিবহণ ব্যবস্থায় দুইটি তারের মধ্যে একটি তার মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী হয় অথবা বহু-তার বিশিষ্ট পরিবহণ ব্যবস্থায় একটি তার মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী হয় অথবা এমন একটি পরিবাহী

থাকে যাহা ঐগুলির সহিত যুক্ত করিতে হয়, সেখানে নিম্নলিখিত শর্তসমূহ মানিয়া চলিতে হইবে :

(১) মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী অথবা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী অথবা এইগুলির সহিত যুক্ত করিতে হইবে এমন পরিবাহীর মালিককে স্থায়ী ধরনের একটি চিহ্নের ব্যবস্থা করিতে হইবে যাহাতে এইরূপ পরিবাহীকে বিদ্যুৎবাহী পরিবাহী (live conductor) হইতে পৃথক করা যায়। এইরূপ চিহ্নের ব্যবস্থা করিতে হইবে—

(ক) যেখানে মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী অথবা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী সরবরাহকারীর সম্পত্তি, সেখানে সরবরাহ-সূচনা বিন্দুতে অথবা তাহার কাছাকাছি ;

(খ) যেখানে গ্রাহকের অংশের অঙ্গীভূত কোনও পরিবাহীকে সরবরাহকারীর মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী অথবা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহীর সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে, সেখানে যে-স্থলে সংযোগ করা হইবে সেই বিন্দুতে ;

(গ) অন্য সকল ক্ষেত্রে, সরবরাহ-সূচনা বিন্দুর অনুরূপ বিন্দুতে অথবা অন্য এমন কোন বিন্দুতে যাহা পরিদর্শক কিংবা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত এবং গেজেটেড্ পদমর্যাদা সম্পন্ন কোন কর্মচারী কর্তৃক অনুমোদিত।

(২) নিম্নলিখিত ব্যতিক্রমগুলি ছাড়া কোন কাট্-আউট, সংযোজক (link) অথবা মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী বা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী ও বিদ্যুৎবাহী তারের মধ্যে যুগপৎ পরিচালনা করা যায় এইরূপ ব্যবস্থা সমন্বিত সংযোজক-যুক্ত সুইচ বাদে কোন সুইচ দুই-তার বিশিষ্ট পরিবহন ব্যবস্থার মাটির সহিত যুক্ত কোনও নিউট্রাল পরিবাহীর মধ্যে, অথবা বহু-তার বিশিষ্ট পরিবহন ব্যবস্থার মাটির সহিত যুক্ত কোনও পরিবাহী কিংবা মাটির সহিত যুক্ত কোনও নিউট্রাল পরিবাহীর মধ্যে, অথবা এইগুলির সহিত যুক্ত কোনও পরিবাহীর মধ্যে প্রবিষ্ট হইবে না বা প্রবিষ্ট অবস্থায় থাকিবে না। ব্যতিক্রমগুলি হইতেছে :—

(ক) পরীক্ষা করার উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত সংযোজক (link), অথবা

(খ) কোন জেনারেটার কিংবা ট্র্যান্সফরমার নিয়ন্ত্রণের জন্য ব্যবহৃত সুইচ।

সংক্ষিপ্ত মন্তব্য : এই নিয়মের বিধানগুলি পালন করিবার জন্য সুইচ গীয়ার, বাস-বার সরবরাহ লাইনের সংযোগ এবং সহায়ক ওয়্যারিং ব্যবস্থার চিহ্নিতকরণ ও বন্দোবস্ত সম্বন্ধে ভারতীয় মানক সংস্থার যে প্রাসঙ্গিক নির্দেশাবলী আছে, তাহাদের উল্লেখ করা যাইতে পারে।

33. Earthed terminal on consumer's premises.—(1) The supplier shall provide and maintain on the consumer's premises for the consumer's use a suitable earthed terminal in an accessible position at or near the point of commencement of supply as defined under rule 58 :

Provided that in the case of medium, high or extra-high voltage installation, the consumer shall, in addition to the aforementioned earthing arrangement, provide his own earthing system with an independent electrode :

Provided further that the supplier may not provide any earthed terminal in the case of installations already connected to his system on or before the date to be specified by the State Government in this behalf if he is satisfied that the consumer's earthing arrangement is efficient.

(2) The consumer shall take all reasonable precautions to prevent mechanical damage to the earthed terminal and its lead belonging to the supplier.

(3) The supplier may recover from the consumer the cost of installation of such earthed terminal on the basis laid down in sub-rule (2) of rule 82.

৩৩। গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহীর প্রান্ত।—(১) ৫৮নং নিয়মে যেরূপ বর্ণনা দেওয়া আছে, সেইভাবে সরবরাহকারীকে গ্রাহকের বাড়ীতে গ্রাহকের ব্যবহারের জন্য সরবরাহ-সূচনা বিন্দুতে বা তাহার নিকটে নাগাল পাওয়া যায় এমন জায়গায় একটি উপযুক্ত মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহীর প্রান্তের ব্যবস্থা এবং রক্ষণ করিতে হইবে :

অবশ্য এই শর্তে যে, মাঝারি, উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের স্থাপনার ক্ষেত্রে গ্রাহক মাটির সহিত পূর্বোল্লিখিত সংযোগের বন্দোবস্ত ছাড়াও আলাদা একটি তড়িদ্‌-দ্বারের সাহায্যে মাটির সহিত তাহার নিজস্ব একটি সংযোগের ব্যবস্থা করিবেন :

আরও এই শর্তে যে, সরবরাহকারী যদি সন্তুষ্ট হইয়া থাকেন যে গ্রাহকের আর্থিং বন্দোবস্ত যথেষ্ট কার্যকর, তবে তাহার সরবরাহ ব্যবস্থার সহিত রাজ্য সরকার কর্তৃক এই বিষয়ে নির্দিষ্ট করা দিনে অথবা তাহার পূর্বেই যুক্ত স্থাপনাসমূহের ক্ষেত্রে তিনি মাটির সহিত যুক্ত কোন পরিবাহীর প্রান্তের ব্যবস্থা নাও করিতে পারেন।

(২) সরবরাহকারীর মালিকাধীন মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী এবং উহার তারের যাহাতে কোন যান্ত্রিক ক্ষতি না হয়, সেইজন্য গ্রাহককে যুক্তিসঙ্গত সকল প্রকার সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে।

(৩) ৮২নং নিয়মের ২নং উপনিয়মে যেরূপ নির্দেশ দেওয়া আছে, তাহার ভিত্তিতে সরবরাহকারী গ্রাহকের নিকট হইতে মাটির সহিত যুক্ত এইরূপ পরিবাহীর প্রান্ত স্থাপনের খরচ আদায় করিতে পারেন।

34. Accessibility of bare conductors.—Where bare conductors are used in a building, the owner of such conductors shall—

(a) ensure that they are inaccessible ;

(b) provide in readily accessible position switches for rendering them dead whenever neccssary ; and

(c) take such other safety measures as are considered necessary by the Inspector.

৩৪। খোলা অবস্থায় রাখা পরিবাহীসমূহের নাগাল পাওয়া।—যেখানে খোলা অবস্থায় রাখা পরিবাহীসমূহ কোন ঘরের ভিতর ব্যবহার করা হয়, সেখানে পরিবাহীসমূহের মালিককে—

(ক) এইরূপ নিশ্চয়তা দিতে হইবে যাহাতে তাহারা নাগালের বাহিরে থাকে ;

(খ) প্রয়োজনমত তাহাদিগকে নিষ্ক্রিয় করার জন্য সহজে নাগাল পাওয়া যায় এমন জায়গায় সুইচের ব্যবস্থা করিতে হইবে , এবং

(গ) পরিদর্শক দরকার বলিয়া মনে করেন এইরূপ অন্যান্য নিরাপত্তা ব্যবস্থাসমূহ গ্রহণ করিতে হইবে।

35. **Caution Notices.**—The owner of every medium, high and extra-high voltage installation shall affix permanently in a conspicuous position a caution notice in Hindi and the local language of the district, and of a type approved by the Inspector on—

(a) every motor, generator, transformer and other electrical plant and equipment together with apparatus used for controlling or regulating the same ;

(b) all supports of high and extra-high voltage overhead lines ;

(c) luminous tube sign requiring high voltage supply, X-ray and similar high-frequency installations :

Provided that where it is not possible to affix such notices on any generator, motor, transformer or other apparatus, they shall be affixed as near as possible thereto :

Provided further that where the generator, motor, transformer or other apparatus is within an enclosure, one notice affixed to the said enclosure shall be sufficient for the purpose of this rule.

৩৫। সতর্কতার বিজ্ঞপ্তি।—প্রতিটি মাঝারি, উচ্চ এবং অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের স্থাপনার মালিককে স্থায়িভাবে কোন দৃষ্টি-আকর্ষক স্থানে হিন্দি ও জেলার স্থানীয় ভাষায় এবং পরিদর্শক কর্তৃক অনুমোদিত বিশেষ ধরনের একটি সতর্কতার বিজ্ঞপ্তি লাগাইতে হইবে। এই বিজ্ঞপ্তি লাগাইতে হইবে—

(ক) পরিচালন অথবা নিয়ন্ত্রণ করার যন্ত্রপাতি সমেত প্রতিটি মোটর, জেনারেটার, ট্র্যান্সফরমার এবং অন্যান্য বৈদ্যুতিক যন্ত্র ও সরঞ্জামের উপর ;

(খ) খোলা জায়গায় উচ্চ এবং অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের মাথার উপরের লাইনে ব্যবহৃত সমস্ত অবলম্বনের উপর ;

(গ) উচ্চ তড়িৎ-চাপে সরবরাহ প্রয়োজন হয় বিজ্ঞাপনের জন্য ব্যবহৃত এইরূপ উজ্জ্বল বৈদ্যুতিক আলোর নিদর্শন, রঞ্জন-রশ্মি এবং অনুরূপ উচ্চ বৈদ্যুতিক স্পন্দনে (frequency) পরিচালিত যন্ত্রপাতির উপর :

এই শর্তে যে, যেখানে এই সকল বিজ্ঞপ্তি কোনও জেনারেটার, মোটর, ট্র্যান্সফরমার বা অন্যান্য যন্ত্রপাতির ঠিক উপরে লাগানো সম্ভব নহে, সেখানে তাহাদের যত কাছাকাছি সম্ভব লাগাইতে হইবে :

আরও এই শর্তে যে, যেখানে জেনারেটার, মোটর, ট্র্যান্সফরমার বা অন্যান্য যন্ত্রপাতি কোনও বেড়া দিয়া ঘেরা জায়গায় অবস্থিত, সেখানে বেড়ার গায়ে একটি বিজ্ঞপ্তি আঁটিয়া দিলেই তাহা এই নিয়মের বিধানের পক্ষে যথেষ্ট হইবে।

36. Handling of electric supply lines and apparatus.— (1) Before any conductor or apparatus is handled, adequate precautions shall be taken by earthing or other suitable means to discharge eletrically such conductor or apparatus, and any adjacent conductor or apparatus if there is danger therefrom, and to prevent any conductor or apparatus from being accidentally or inadvertently electrically charged when persons are working thereon :

Provided that this sub-rule shall not apply to the cleaning of commutators and slip-rings working at low or medium voltage.

(2) No person shall work on any live electric supply line or apparatus and no person shall assist such person on such work, unless he is authorised in that behalf and takes the safety measures approved by the Inspector.

(3) Every telecommunication line on supports carrying a high or extra-high voltage line shall, for the purpose of working thereon, be deemed to be a high voltage line.

৩৬। বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতিতে হাত দেওয়া।— (১) কোন পরিবাহী বা যন্ত্রপাতি হস্ত দ্বারা স্পর্শ করিবার পূর্বে মাটির সহিত যুক্ত করিয়া বা অন্য কোন উপযুক্ত উপায়ে ঐ পরিবাহী বা যন্ত্রপাতি, এবং যাহা হইতে বিপদ ঘটিতে পারে নিকটে অবস্থিত এইরূপ কোন পরিবাহী বা যন্ত্রপাতি, যাহাতে বিদ্যুৎ-প্রবাহমুক্ত হয়, এবং যখন লোকজন উহাতে কর্মরত অবস্থায় থাকে, তখন অকস্মাৎ কিংবা

অসাবধানতাবশতঃ কোন পরিবাহী বা যন্ত্রপাতি দিয়া বিদ্যুৎ যাহাতে প্রবাহিত হইতে না পারে, সেইজন্ত পর্যাপ্ত সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে :

এই শর্তে যে, নিম্ন বা মাঝারি তড়িৎ-চাপে পরিচালিত কম্যুটেটার ও স্লিপ-রিং পরিষ্কার করিবার সময় এই উপনিয়ম প্রযোজ্য হইবে না।

(২) কোন ব্যক্তি কোন বিদ্যুৎবাহী সরবরাহ লাইনে বা যন্ত্রপাতিতে সেই বিষয়ে অধিকারপ্রাপ্ত না হইলে এবং পরিদর্শক কর্তৃক অনুমোদিত নিরাপত্তা ব্যবস্থাসমূহ অবলম্বন না করিলে কাজ করিতে পারিবে না, এবং এইরূপ ব্যক্তিকে এই ধরনের কাজে কেহ সহায়তা করিতে পারিবে না।

(৩) উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপ বিশিষ্ট লাইনের অবলম্বনের উপর স্থাপিত প্রত্যেক টেলিকম্যুনিকেশন লাইনে কাজ করার সময় ঐ লাইনকে উচ্চ তড়িৎ-চাপের লাইন বলিয়া মনে করিতে হইবে।

37. **Supply to vehicles, cranes, etc.**—Every person owning a vehicle, travelling crane or the like to which energy is supplied from an external source shall ensure that it is efficiently controlled by a suitable switch enabling all voltage to be cut off in one operation and where such vehicle, travelling crane or the like runs on metal rails, the owner shall ensure that the rails are electrically continuous and earthed.

৩৭। **যানবাহন, ক্রেন প্রভৃতিতে সরবরাহ দেওয়া**।—বাহির হইতে যে-সকল যানবাহন, চলন্ত ক্রেন বা অনুরূপ কিছুতে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া হয়, তাহাদের মালিককে এমন নিশ্চয়তা দিতে হইবে যে, যন্ত্রটি একটি উপযুক্ত সুইচের দ্বারা ভালভাবে নিয়ন্ত্রিত এবং সুইচটি একবার চালনা করিয়াই সকল প্রকার তড়িৎ-চাপের সংস্পর্শ হইতে উহাকে বিচ্ছিন্ন করা যাইতে পারে, এবং যেখানে এইরূপ যানবাহন, চলন্ত ক্রেন বা অনুরূপ কিছু ধাতুনির্মিত রেলের উপর দিয়া চলে, সেখানে মালিককে দেখিতে হইবে রেলগুলি যেন তড়িৎ-প্রবাহের পক্ষে নিরবচ্ছিন্ন হয় এবং মাটির সহিত যুক্ত থাকে।

38. **Cables for portable or transportable apparatus.**—(1) Flexible cables shall not be used for portable or transportable motors, generators, transformers, rectifiers, electric drills, electric sprayers, welding sets or any other portable or transportable apparatus unless they are heavily insulated and adequately protected from mechanical injury.

(2) Where the protection is by means of metallic covering, the covering shall be in metallic connection with the frame of any such apparatus and earth.

৩৮। বহন বা পরিবহনযোগ্য যন্ত্রপাতির জন্য ব্যবহৃত কেব্‌ল।— (১) যদি নমনীয় কেব্‌ল (flexible cables) খুব মোটা অপরিবাহী বস্তুর দ্বারা অন্তরিত এবং যান্ত্রিক ক্ষতি হইতে যথেষ্ট সংরক্ষিত না হয়, তবে বহন বা পরিবহনযোগ্য মোটর, জেনারেটার, ট্র্যান্সফরমার, রেক্‌টিফায়ার, বৈদ্যুতিক ড্রিল, বৈদ্যুতিক স্প্রেয়ার, ওয়েলডিং সেট বা অন্য কোনও বহন বা পরিবহনযোগ্য যন্ত্রপাতির জন্য তাহাদের ব্যবহার করা চলিবে না।

(২) যেখানে ধাতব আচ্ছাদনের দ্বারা কেব্‌লের সংরক্ষণ ব্যবস্থা করা হয়, সেখানে এইরূপ যন্ত্রপাতির কাঠামো এবং মাটির সহিত কেব্‌লের আচ্ছাদনের ধাতব সংযোগ থাকিবে।

39. Cables protected by bituminous materials.— (*a*) Where the supplier or the owner has brought into use an electric supply line (other than an overhead line) which is not completely enclosed in a continuous metallic covering connected with earth and is insulated or protected *in situ* by composition or material of a bituminous character—

(*i*) any pipe, conduit or the like into which such electric supply line may have been drawn or placed shall, unless other arrangements are approved by the Inspector in any particular case, be effectively sealed at its point of entry into any street box so as to prevent any flow of gas to or from the street box ; and

(*ii*) such electric supply line shall be periodically inspected and tested where accessible, and the result of each such inspection and test shall be duly recorded by the supplier or the owner.

(*b*) It shall not be permissible for the supplier or the owner after the coming into force of these rules, to bring into use any further electric supply line as aforesaid which is insulated or protected *in situ* by any composition or material known to be liable to produce noxious or explosive gases on excessive heating.

৩৯। বিটুমিন জাতীয় (Bituminous) পদার্থসমূহের দ্বারা সংরক্ষিত কেব্‌ল।—(ক) যেখানে সরবরাহকারী বা মালিক ব্যবহারের নিমিত্ত (খোলা জায়গায় মাথার উপরের লাইন বাদে) এমন কোন বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন টানিয়াছে যাহা মাটির সহিত যুক্ত নিরবচ্ছিন্ন ধাতব আচ্ছাদনে সম্পূর্ণ পরিবৃত নহে এবং অন্তরিত (insulated) অথবা যথাস্থানে মিশ্রদ্রব্য বা বিটুমিন জাতীয় পদার্থের দ্বারা সংরক্ষিত, সেখানে—

(/০) যদি কোনও বিশেষ ক্ষেত্রে অন্যরকম বন্দোবস্ত পরিদর্শক কর্তৃক অনুমোদিত না হয়, তবে যে-কোন পাইপ, কণ্ডুইট বা এই জাতীয় কিছুতে পূর্বোল্লিখিত

সরবরাহ লাইন টানা হইলে বা স্থাপিত হইলে রাস্তার বাক্সে যাহাতে গ্যাস না ঢোকে বা বাক্স হইতে যাহাতে গ্যাস না বাহির হয় সেইজন্ম ঐ সকল পাইপ ইত্যাদি যে বিন্দুতে রাস্তার বাক্সে ঢুকিবে, সেখানে তাহাদের কার্যকরভাবে বন্ধ করিয়া দিতে হইবে ; এবং

(৶) এইরূপ বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনকে যেখানে নাগালের মধ্যে পাওয়া যায়, সেখানে নিয়মিত সময়ের ব্যবধানে পরিদর্শন ও পরীক্ষা করিতে হইবে, এবং এইরূপ পরিদর্শন ও পরীক্ষার ফলাফল সরবরাহকারী অথবা মালিক কর্তৃক উপযুক্তরূপে লিপিবদ্ধ থাকিবে।

(খ) এই নিয়মাবলী কার্যকর হইবার পর সরবরাহকারী বা মালিক যদি পূর্বোল্লিখিত লাইনের অনুরূপ অন্তরিত অথবা যথাস্থানে মিশ্রদ্রব্য বা অতিরিক্ত উত্তাপের ফলে জ্ঞাতসারে ক্ষতিকর বা বিস্ফোরণের সম্ভাবনা আছে এমন বস্তুর দ্বারা সংরক্ষিত কোন বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ব্যবহারের নিমিত্ত বসায়, তবে সেই কাজ তাহার পক্ষে অনুমতি-বহির্ভূত হইবে।

40. Street boxes.—(1) Street boxes shall not contain gas pipes and precautions shall be taken to prevent, as far as reasonably possible, any influx of water or gas.

(2) Where electric supply lines forming part of different systems pass through the same street box, they shall be readily distinguishable from one another and all electric supply lines at high or extra-high voltage in street boxes shall be adequately supported and protected so as to prevent risk of damage to or danger from adjacent electric supply lines.

(3) All street boxes shall be regularly inspected for the purpose of detecting the presence of gas and if any influx or accumulation is discovered, the owner shall give immediate notice to any authority or company who have gas mains in the neighbourhood of the street box and in cases where a street box is large enough to admit the entrance of a person after the electric supply lines or apparatus therein have been placed in position, ample provision shall be made—

(a) to ensure that any gas which may be accident have obtained access to the box shall escape before a person is allowed to enter, and

(b) for the prevention of danger from sparking.

(4) The owners of all street boxes or pillars containing circuits or apparatus shall ensure that their covers and doors are

so provided that they can be opened only by means of a key or a special appliance.

৪০। রাস্তার বাক্স।—(১) রাস্তার বাক্সগুলির মধ্যে গ্যাসের পাইপ থাকিবে না, এবং ঐগুলির মধ্যে যতটা সম্ভব জল বা গ্যাস ঢোকা বন্ধ করার জন্য সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে।

(২) যেখানে বিভিন্ন ব্যবস্থার বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন একই বাক্সের মধ্য দিয়া যায়, সেখানে তাহাদের যাহাতে সহজেই পরস্পর হইতে আলাদা করিয়া চিনিতে পারা যায় তাহা করিতে হইবে, এবং যাহাতে নিকটবর্তী সরবরাহ লাইনের ক্ষতি বা ঐ লাইন হইতে বিপদ ঘটার ঝুঁকি না থাকে, সেইজন্য রাস্তার বাক্সের মধ্যস্থ উচ্চ বা অতি-উচ্চ বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনগুলিকে যথেষ্ট অবলম্বন দিতে হইবে এবং সংরক্ষিত করিতে হইবে।

(৩) ভিতরে গ্যাস আছে কিনা তাহা দেখার জন্য রাস্তার বাক্সগুলি নিয়মিত পরিদর্শন করিতে হইবে এবং যদি ঐগুলিতে কোনও গ্যাসের অনুপ্রবেশ বা সঞ্চয় দেখা যায়, তবে মালিক অবিলম্বে রাস্তার বাক্সের কাছাকাছি যে কর্তৃপক্ষ বা কোম্পানীর গ্যাসের মেইন আছে তাহাদের নোটিস্ দিবেন, এবং যে-সকল ক্ষেত্রে রাস্তার বাক্সটি এত বড় যে, বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন বা যন্ত্রপাতি যথাস্থানে বসাইবার পরেও একজন লোক উহার মধ্যে প্রবেশ করিতে পারে, সেই সকল ক্ষেত্রে এমন পর্যাপ্ত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে—

(ক) যাহাতে লোকটি প্রবেশের অনুমতি পাওয়ার আগেই আকস্মিকভাবে যে গ্যাস বাক্সে ঢুকিয়াছে তাহা বাহির হইয়া যাইতে পারে, এবং

(খ) যাহাতে স্ফুলিঙ্গ হইতে বিপদ রোধ করা যাইতে পারে।

(৪) যে-সকল রাস্তার বাক্স বা পিল্যারে তড়িৎ-বর্তনী বা যন্ত্রপাতি আছে, তাহাদের মালিকগণকে এমন নিশ্চয়তা দিতে হইবে যাহাতে ঐগুলির আচ্ছাদন ও দরজা কেবলমাত্র চাবি বা বিশেষ যন্ত্রের সাহায্যে খোলা যায়।

41. Distinction of circuits of different voltages.—The owner of every generating station, sub-station, junction-box or pillar in which there are any circuits or apparatus, intended for operation at different voltages, shall ensure by means of indication of a permanent nature that the respective circuits are readily distinguishable from one another.

৪১। বিভিন্ন তড়িৎ-চাপের বর্তনীর স্বাতন্ত্র্য।—বিভিন্ন তড়িৎ-চাপে পরিচালনার নিমিত্ত বর্তনী বা যন্ত্রপাতি রহিয়াছে এমন প্রতিটি বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র, শাখা-কেন্দ্র, সংযোগ-বাক্স বা পিল্যারের মালিককে স্থায়ী কোনরকম নিশানার দ্বারা এমন নিশ্চয়তা দিতে হইবে যাহাতে স্ব স্ব তড়িৎ-চাপের বর্তনীগুলি পরস্পর হইতে আলাদা করিয়া চিনিতে পারা যায়।

42. Accident charge—The owners of all circuits and apparatus shall so arrange them that there shall be no danger of any part thereof becoming accidentally charged to any voltage beyond the limits of voltage for which they are intended.

Where A. C. and D. C. circuits are installed on the same support, they shall be so arranged and protected that they shall not come into contact with each other when live.

৪২। **আকস্মিক বিদ্যুৎ-প্রবাহের সঞ্চার।**—সমস্ত বর্তনী ও যন্ত্রপাতির মালিকগণকে ঐগুলি এমনভাবে রাখিতে হইবে যাহাতে উহাদের কোন অংশ অভীষ্ট তড়িৎ-চাপের সীমা ছাড়াইয়া অকস্মাৎ অতিরিক্ত তড়িৎ-চাপের দ্বারা সঞ্চারিত না হয়।

যেখানে একই অবলম্বনের উপর এ. সি. ও ডি. সি. বর্তনীসমূহ স্থাপিত হইয়াছে, সেখানে উহাদের এমনভাবে রাখিতে ও সংরক্ষিত করিতে হইবে যাহাতে উহারা সক্রিয় অবস্থায় কখনও পরস্পরের সংস্পর্শে না আসে।

43. Provisions applicable to protective equipment.—(1) Fire buckets filled with clean dry sand and ready for immediate use for extinguishing fires, in addition to fire extinguishers suitable for dealing with electric fires, shall be conspicuously marked and kept in all generating stations, enclosed sub-stations and enclosed switch-stations in convenient situations.

(2) First-aid boxes or cupboards, conspicuously marked and equipped with such contents as the State Government may specify, shall be provided and maintained in every generating station, enclosed sub-station and enclosed switch-station so as to be readily accessible during all working hours. All such boxes and cupboards shall, except in the case of unattended sub-stations and switch-stations, be kept in charge of responsible persons who are trained in first-aid treatment and one of such persons shall be available during working hours.

৪৩। **রক্ষাপ্রদ সরঞ্জাম সম্পর্কে প্রযোজ্য বিধানসমূহ।**—(১) সকল বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রে, ঘেরা শাখা-কেন্দ্রে এবং ঘেরা সুইচ-স্টেশনে বিদ্যুৎ-প্রবাহ জনিত আগুন নিবানোর পক্ষে উপযোগী অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র ছাড়াও আগুন নিবানোর কাজে অবিলম্বে ব্যবহারের জন্য প্রস্তুত পরিষ্কার শুকনা বালি-ভর্তি আগুন নিবানোর বালতি দৃষ্টি-আকর্ষক চিহ্ন দিয়া সুবিধামত জায়গায় রাখিতে হইবে।

(২) প্রত্যেক বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রে, ঘেরা শাখা-কেন্দ্রে এবং ঘেরা সুইচ-স্টেশনে দৃষ্টি-আকর্ষক চিহ্নসহ এবং রাজ্য সরকার কর্তৃক নির্দিষ্ট সরঞ্জাম সমেত প্রাথমিক চিকিৎসার জন্য ব্যবহৃত বাক্স বা আলমারি রাখিতে ও সংরক্ষণ করিতে হইবে যাহাতে উহা কাজ চলাকালীন সহজ নাগালের মধ্যে পাওয়া যায়। কর্মীহীন শাখা-কেন্দ্র ও সুইচ-স্টেশন বাদে অন্যত্র এই সকল বাক্স এবং আলমারি প্রাথমিক চিকিৎসার কাজে শিক্ষণ-প্রাপ্ত দায়িত্বসম্পন্ন ব্যক্তিগণের তত্ত্বাবধানে রাখিতে হইবে এবং কাজ চলার সময় এইরূপ একজন ব্যক্তিকে উপস্থিত থাকিতেই হইবে।

44. Instructions for restoration of persons suffering from electric shocks.—(1) Instructions in English, Hindi and the local language of the district for the restoration of persons suffering from electric shock, shall be affixed by the owner in a conspicuous place in every generating station, enclosed sub-station, enclosed switch-station and in every factory as defined in clause (m) of section 2 of the Factories Act, 1948 (XLIII of 1948) in which electricity is used and in such other premises where electricity is used as the Inspector or any officer appointed to assist the Inspector may, by notice in writing served on the owner, direct.

(2) Copies of the instructions shall be supplied on demand by an officer or officers appointed by the Central or the State Government in this behalf at a price to be fixed by the Central or the State Government.

(3) The owner of every generating station, enclosed sub-station, enclosed switch-station, and every factory or other premises to which this rule applies, shall ensure that all authorised persons employed by him are acquainted with and are competent to apply the instructions referred to in sub-rule (1).

৪৪। তড়িতাহত ব্যক্তিদের সুস্থ করিয়া তোলার নির্দেশসমূহ।—(১) প্রতি বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রে, ঘেরা শাখা-কেন্দ্রে, ঘেরা সুইচ-স্টেশনে ১৯৪৮ সালের ফ্যাক্টরী আইনের (১৯৪৮-এর ৬৩) ২ অনুচ্ছেদের (m) ধারায় যেরূপ নির্দেশিত আছে সেই অনুযায়ী যেখানে বিদ্যুৎ ব্যবহৃত হয় এইরূপ প্রতিটি কারখানায়, এবং পরিদর্শক কিংবা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত কোন কর্মচারী কর্তৃক লিখিতভাবে মালিককে দেওয়া নির্দেশ অনুযায়ী বিদ্যুৎ ব্যবহৃত হয় এইরূপ অন্যান্য বাড়ীতে কোনও দৃষ্টি আকর্ষক স্থানে মালিককে ইংরাজিতে, হিন্দিতে এবং স্থানীয় ভাষায় মুদ্রিত তড়িতাহত ব্যক্তিদের সুস্থ করিয়া তোলার নির্দেশসমূহ আঁটিয়া দিতে হইবে।

(২) চাহিবামাত্র কেন্দ্রীয় বা রাজ্য সরকার কর্তৃক নিযুক্ত কর্মচারী বা কর্মচারী-দিগের নিকট হইতে কেন্দ্রীয় বা রাজ্য সরকার কর্তৃক নির্দিষ্ট দামে নির্দেশসমূহের প্রতিলিপি পাওয়া যাইবে।

(৩) প্রতিটি বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রের, ঘেরা শাখা-কেন্দ্রের, ঘেরা সুইচ-স্টেশনের, এবং প্রতিটি কারখানার বা যেখানে এই নিয়ম প্রযোজ্য হয় এইরূপ অন্যান্য বাড়ীর মালিককে অবশ্য দেখিতে হইবে যে, তাহার সকল ভারপ্রাপ্ত কর্মচারী ১নং উপনিয়মে উল্লিখিত নির্দেশসমূহ জানে এবং সেইগুলি প্রয়োগ করার পক্ষে তাহারা যোগ্যতাসম্পন্ন।

44A. Intimation of accidents.—If any accident occurs in connection with the generation, transmission, supply or use of energy in or in connection with, any part of the electric supply lines or others works of any person and the accident results in or is likely to have resultant in loss of human or animal life or in any injury to a human being or an animal, such person or any other person authorised by the State Electricity Board in this behalf shall send to the Inspector a telegraphic report within twenty-four hours of the knowledge of the occurrence of the fatal accident and a written report in the form set out in Annexure XIII, within forty-eight hours of the knowledge of occurrence of fatal and all other accidents.

৪৪এ। **দুর্ঘটনাসমূহ জ্ঞাপন করা**।—যদি কোন ব্যক্তির বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনে বা লাইনের কোন অংশে বা অন্যান্য বৈদ্যুতিক স্থাপনায় বিদ্যুৎ উৎপাদন করিতে, এক স্থান হইতে অন্য স্থানে প্রেরণ করিতে, সরবরাহ করিতে কিংবা তড়িৎ-শক্তির ব্যবহার করিতে কোন দুর্ঘটনা ঘটে এবং ঐ দুর্ঘটনার ফলে মানুষ বা প্রাণীর জীবনহানী হয় বা হইতে পারে, কিংবা মানুষ বা প্রাণীর কোন ক্ষতি হয়, তবে এইরূপ ব্যক্তিকে বা রাজ্য বিদ্যুৎ পর্ষদ কর্তৃক এই উদ্দেশ্যে ভারপ্রাপ্ত ব্যক্তিকে মারাত্মক দুর্ঘটনা সংঘটনের সংবাদ পাওয়ার চব্বিশ ঘণ্টার মধ্যে একটি তারবার্তায় ঘটনার বিবরণ এবং মারাত্মক বা অন্যান্য দুর্ঘটনা সংঘটনের সংবাদ পাওয়ার আটচল্লিশ ঘণ্টার মধ্যে ক্রোড়পত্র ১৩-তে প্রদর্শিত ফরম এ (form) ঘটনার লিখিত বিবরণ পরিদর্শকের নিকট পাঠাইতে হইবে।

45. Precautions to be adopted by consumers, owners, electrical contractors, electrical workmen and suppliers.—(1) No electrical installation work, including additions, alterations, repairs and adjustments to existing installations, except such replacement of lamps, fans, fuses, switches, low voltage domestic

appliances and fittings as in no way alters its capacity or character, shall be carried out upon the premises of or on behalf of any consumer or owner, for the purpose of supply to such consumer or owner, except by an electrical contractor licensed in this behalf by the State Government and under the direct supervision of a person holding a certificate of competency issued or recognised by the State Government :

Provided that in the case of works executed for or on behalf of the Central Government and in the case of installations in mines, oil fields and railways, the Central Government and in other cases the State Government may, by notification in the official Gazette, exempt, on such conditions as it may impose, any such work described therein either generally or in the case of any specified class of consumers or owners, from so much of this sub-rule as requires such work to be carried out by an electrical contractor licensed by the State Government in this behalf.

(2) No electrical installation work which has been carried out in contravention of sub-rule (1) shall be connected with the works of any suppliers.

(3) The provisions of sub-rule (1) shall come into force in respect of a state or part thereof on such date as the State Government may, by notification in the official Gazette, appoint :

Provided that the said provisions shall come into force in any oil field, mine or railway or in respect of any work carried out by, or on behalf of, the Central Government only on such date as the Central Government may, by like notification, appoint.

৪৫। গ্রাহক, মালিক, বৈদ্যুতিক ঠিকাদার, বৈদ্যুতিক মিস্ত্রী ও সরবরাহকারীদের যে-সকল সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে।—(১) গ্রাহক বা মালিকের বাড়ীতে অথবা গ্রাহক বা মালিকের পক্ষে গ্রাহক বা মালিককে বিদ্যুৎ সরবরাহ করার উদ্দেশ্যে বাতি, পাখা, ফিউজ, সুইচ, নিম্ন তড়িৎ-চাপের যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জাম বদল করা প্রভৃতি যে-সকল কাজের দ্বারা স্থাপনার ক্ষমতা বা বৈশিষ্ট্যের কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না সেই সকল কাজ বাদে, বর্তমান স্থাপনার সম্প্রসারণ, পরিবর্তন, মেরামত ও অদলবদল সমেত কোনও বৈদ্যুতিক স্থাপনার কাজ রাজ্য সরকারের নিকট হইতে এই উদ্দেশ্যে অনুমতিপ্রাপ্ত বৈদ্যুতিক ঠিকাদার ছাড়া এবং

রাজ্য সরকার কর্তৃক প্রদত্ত বা স্বীকৃত যোগ্যতার প্রমাণপত্র-প্রাপ্ত ব্যক্তির প্রত্যক্ষ পর্যবেক্ষণ ব্যতীত করা চলিবে না :

এই শর্তে যে, যে ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় সরকারের জন্য বা পক্ষে কাজ করা হইয়াছে, সেই ক্ষেত্রে এবং খনি, তৈলখনি অঞ্চল ও রেলওয়েতে স্থাপনার ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় সরকার এবং অন্যান্য ক্ষেত্রে রাজ্য সরকার সরকারী গেজেটে বিজ্ঞপ্তি মারফত আরোপিত শর্তে বিজ্ঞপ্তিতে বর্ণিত কোনও কাজ সাধারণভাবে অথবা কোনও নির্দিষ্ট শ্রেণীর মালিক বা গ্রাহককে এই উপনিয়মের সেই অংশ হইতে রেহাই দিতে পারেন যে অংশ অনুযায়ী এই জাতীয় কাজ রাজ্য সরকারের নিকট হইতে অনুমতিপ্রাপ্ত কোন বৈদ্যুতিক ঠিকাদার কর্তৃক সম্পাদিত হওয়া আবশ্যক।

(২) ১নং উপনিয়ম অমান্য করিয়া যে-সকল বৈদ্যুতিক স্থাপনার কাজ সম্পাদন করা হইয়াছে, তাহাদের কোনও রকমে সরবরাহকারীর লাইনের সহিত সংযুক্ত করা চলিবে না।

(৩) সরকারী গেজেটে বিজ্ঞপ্তি মারফত রাজ্য সরকার যে তারিখ স্থির করিবেন, সেই তারিখ হইতে ১নং উপনিয়মের বিধানগুলি কোনও রাজ্যে বা তাহার অংশবিশেষে প্রযোজ্য হইবে :

এই শর্তে যে, কোনও তৈলখনি অঞ্চল, খনি বা রেলওয়ে বা কেন্দ্রীয় সরকার কর্তৃক বা তাহার পক্ষে সম্পাদিত কোন কাজের ক্ষেত্রে অনুরূপ গেজেট-বিজ্ঞপ্তি মারফত কেন্দ্রীয় সরকার যে তারিখ নির্দিষ্ট করিয়া দিবেন, সেই তারিখ হইতে এই বিধানগুলি কার্যকর হইবে।

46. Periodical inspection and testing of consumer's installation.—(1) (a) Where an installation is already connected to the supply system of the supplier, every such installation shall be periodically inspected and tested at intervals not exceeding five years either by the Inspector or any officer appointed to assist the Inspector or by the supplier as may be directed by the State Government in this behalf or in the case of installations belonging to, or under the control of, the Central Government and in the case of installations in mines, oil fields and railways, by the Central Government.

(b) Where the supplier is directed by the Central or the State Government as the case may be, to inspect and test the installation, he shall report on the condition of the installation to the consumer concerned in a form approved by the Inspector and shall submit a copy of such report to the Inspector.

(c) Subject to the approval of the Inspector, the forms of inspection report contained in Annexure IXA may, with such variations as the circumstances of each case require, be used for the purposes of this sub-rule.

(2) (a) The fees for such inspection and test shall be determined by the Central or the State Government, as the case may be, in the case of each class of consumers, and shall be payable by the consumer in advance.

(b) In the event of the failure of any consumer to pay the fees on or before the date specified in the fee-notice, supply to the installation of such consumer shall be liable to be disconnected under the direction of the Inspector. Such disconnection, however, shall not be made by the supplier without giving to the consumer seven clear days' notice in writing of his intention so to do.

(3) Notwithstanding the provisions of this rule, the consumer shall at all times be solely responsible for the maintenance of his installation in such condition as to be free from danger.

৪৬। **গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা মাঝে মাঝে পরিদর্শন ও পরীক্ষা করা।**—(১) (ক) যেখানে কোন বৈদ্যুতিক স্থাপনা ইতিপূর্বেই সরবরাহকারার সরবরাহ ব্যবস্থায় সহিত যুক্ত হইয়াছে, সেখানে এইরূপ প্রতিটি স্থাপনা অনধিক পাচ বছরের ব্যবধানে পরিদর্শককে কিংবা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত অন্য কোন কর্মচারীকে কিংবা সরবরাহকারীকে এই ব্যাপারে রাজ্য সরকারের, বা কেন্দ্রীয় সরকারের মালিকাধীন বা নিয়ন্ত্রাধীন স্থাপনার ক্ষেত্রে এবং খনি, তৈলখনি অঞ্চল ও রেলওয়ের স্থাপনায় ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় সরকারের, নির্দেশ অনুযায়ী পরিদর্শন ও পরীক্ষা করিতে হইবে।

(খ) অবস্থা অনুযায়ী কেন্দ্রীয় বা রাজ্য সরকার কর্তৃক যেক্ষেত্রে সরবরাহকারী বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষা করার জন্য নির্দেশিত হইয়াছেন, সেক্ষেত্রে তাহাকে পরিদর্শক. কর্তৃক অনুমোদিত ফর্ম-এ সংশ্লিষ্ট গ্রাহককে স্থাপনার অবস্থা সম্পর্কে বিবরণ দিতে হইবে এবং উক্ত বিবরণের একটি প্রতিলিপি পরিদর্শকের নিকট পেশ করিতে হইবে।

(গ) এই উপনিয়মের বিধানগুলি পালনের উদ্দেশ্যে প্রতি ক্ষেত্রে অবস্থা অনুযায়ী কিছুটা পরিবর্তন করিয়া ক্রোড়পত্র ৯এ-তে প্রদর্শিত পরিদর্শনের বিবরণ দাখিল করার ফর্ম পরিদর্শকের অনুমোদনসাপেক্ষে ব্যবহার করা যাইতে পারে।

(২) (ক) প্রতি শ্রেণীর গ্রাহকের ক্ষেত্রে এইরূপ পরিদর্শন ও পরীক্ষার পারিশ্রমিক অবস্থা অনুযায়ী কেন্দ্রীয় বা রাজ্য সরকার কর্তৃক নির্দিষ্ট হইবে, এবং গ্রাহককে তাহা আগাম দিতে হইবে।

(খ) যদি পারিশ্রমিক সংক্রান্ত বিজ্ঞপ্তিতে নির্দিষ্ট করা তারিখে বা তাহার আগে গ্রাহক পারিশ্রমিক দিতে না পারেন, তবে পরিদর্শকের নির্দেশে এইরূপ গ্রাহকের স্থাপনায় বিদ্যুৎ-সরবরাহ ছিন্ন করা যাইতে পারে। অবশ্য সরবরাহকারী কর্তৃক গ্রাহককে পুরা সাত দিনের লিখিত নোটিস দিয়া আগে হইতে তাহার সরবরাহ ছিন্ন করার অভিপ্রায় না জানাইয়া এই ধরনেব সববরাহ বন্ধ করা চলিবে না।

(গ) এই নিয়মের বিধান সত্ত্বেও গ্রাহক সকল সময় বিপন্মুক্ত অবস্থায় তাহার বৈদ্যুতিক স্থাপনা সংরক্ষণের জন্য একমাত্র দায়ী থাকিবেন।

CHAPTER V

GENERAL CONDITIONS RELATING TO SUPPLY AND USE OF ENERGY

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

বিদ্যুৎ সরবরাহ ও ব্যবহার সম্পর্কে সাধারণ শর্তাবলী

47. Testing of consumer's installation.—(1) Upon receipt of an application for a new or additional supply of energy and before connecting the supply or reconnecting the same after a period of six months, the supplier shall inspect and test the applicant's installation.

The supplier shall maintain a record of test results obtained at each supply point to a consumer in a form to be approved by the Inspector.

(2) If as a result of such inspection and test the supplier is satisfied that the installation is likely to constitute danger, he shall serve on the applicant a notice in writing requiring him to make such modifications as are necessary to render the installation safe. The supplier may refuse to connect or reconnect the supply until the required modifications have been completed and he has been notified by the applicant.

৪৭। গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরীক্ষা।—(১) নূতন অথবা অতিরিক্ত বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য আবেদন পাওয়ার পর এবং সরবরাহ লাইন যুক্ত কিংবা ছয় মাসের ব্যবধানে পুনরায় যুক্ত করার আগে সরবরাহকারী আবেদনকারীর বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষা করিবেন।

গ্রাহকের প্রতি সরবরাহ-বিন্দুতে পরীক্ষার যে ফল পাওয়া যাইবে, সরবরাহকারীকে পরিদর্শক কর্তৃক অনুমোদিত ফর্ম-এ তাহার বিবরণ লিপিবদ্ধ করিয়া রাখিতে হইবে।

(২) যদি এই পরিদর্শন ও পরীক্ষার ফলে সরবরাহকারী নিশ্চিত হন যে, বৈদ্যুতিক স্থাপনা হইতে বিপদ সৃষ্ট হইতে পারে, তবে উক্ত স্থাপনা নিরাপদ করার জন্য যে-সকল সংশোধন প্রয়োজন তাহা করার নির্দেশ দিয়া তিনি আবেদনকারীকে লিখিত নোটিস দিবেন। প্রয়োজনীয় সংশোধনাদি সম্পূর্ণ না হওয়া পর্যন্ত এবং আবেদনকারী উক্ত সংশোধনাদি বিষয়ে লিখিয়া না জানানো পর্যন্ত সরবরাহকারী সরবরাহ-লাইন যুক্ত বা পুনরায় যুক্ত করিতে অস্বীকার করিতে পারেন।

48. Precautions against leakage before connection.—(1) The supplier shall not connect with his works the installation or apparatus on the premises of any applicant for supply unless he is reasonably satisfied that the connection will not, at the time of making the connection, cause a leakage from that installation or apparatus exceeding one five-thousandth of the maximum current supplied to the applicant's premises.

(2) If the supplier declines to make a connection under the provisions of sub-rule (1), he shall serve upon the applicant a notice in writing stating his reason for so declining.

৪৮। সংযোগের পূর্বে বিদ্যুৎ-নির্গমনের বিরুদ্ধে সতর্কতা।—(১) সরবরাহকারী কোনও আবেদনকারীর বাড়ীর বৈদ্যুতিক স্থাপনা বা যন্ত্রপাতি নিজের সরবরাহ ব্যবস্থার সহিত সংযুক্ত করিবেন না যদি না তিনি যুক্তিসঙ্গতভাবে নিশ্চিত হন যে, বিদ্যুৎ-সংযোগ করার সময় ঐ সকল বৈদ্যুতিক স্থাপনা বা যন্ত্রপাতি হইতে আবেদনকারীর বাড়ীতে সর্বাপেক্ষা যত বেশী বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হইবে, তাহার পাঁচ হাজার ভাগের এক ভাগ অপেক্ষা বেশী বিদ্যুৎ-নির্গমন হইবে না।

(২) যদি ১নং উপনিয়মের বিধান অনুযায়ী সরবরাহকারী কোন লাইন সংযোগ করিতে অস্বীকার করেন, তবে এইরূপ অস্বীকৃতির কারণ জানাইয়া তিনি আবেদনকারীকে লিখিত নোটিস দিবেন।

49. Leakage on consumer's premises.—(1) If the Inspector or any officer appointed to assist the Inspector and holding Gazetted rank or the supplier has reason to believe that there is in the system of a consumer leakage which is likely to affect injuriously the use of energy by the supplier or by other persons, or which is likely to cause danger, he may give the consumer reasonable notice in writing that he desires to inspect and test the consumer's installation.

2. If, on such notice being given—

(*a*) the consumer does not give all reasonable facilities for inspection and testing of his installation, or

(*b*) a leakage exceeding one five-thousandth part of the maximum current applied to the consumer's installation is shown to exist, the supplier may, and if directed so to do by the Inspector, shall, discontinue the supply of energy to the

installation but only after giving to the consumer forty-eight hours' notice in writing of disconnection of supply and shall not recommence the supply until he or the Inspector is satisfied that the cause of the leakage has been removed.

Notes

Under sec 20 (2) (b) of the Indian Electrical Act, before a licensee or any person authorised by the Electricity Department can enter and inspect the premises, at least twenty-four hours' notice must be given. Thus reasonable notice must be construed as at least twenty-four hours' notice.

৪৯। **গ্রাহকের বাড়ীতে বিদ্যুৎ-নির্গমন**।—(১) যদি পরিদর্শকের বা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত এবং গেজেটেড্ পদমর্যাদা সম্পন্ন কোন কর্মচারীর বা সরবরাহকারীর ইহা মনে করিবার কারণ ঘটে যে, গ্রাহকের লাইনে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ-নির্গমন হইতেছে তাহার দ্বারা সরবরাহকারীর বা অন্য ব্যক্তির তড়িৎ-শক্তি ব্যবহারের ক্ষতি হইতে পারে, কিংবা তাহার ফলে বিপদ ঘটিতে পারে, তবে তিনি গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষা করার অভিপ্রায় জানাইয়া গ্রাহককে লিখিতভাবে উপযুক্ত নোটিস দিতে পারেন।

(২) যদি এই নোটিস দেওয়ার পরে—

(ক) গ্রাহক তাহার বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষার জন্য সকল রকম ন্যায়সঙ্গত সুযোগ না দেন, অথবা

(খ) গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনায় সরবরাহ করা সর্বোচ্চ পরিমাণ বিদ্যুৎ-প্রবাহের পাঁচ হাজার ভাগের এক ভাগ অপেক্ষা বেশী বিদ্যুৎ-নির্গমন হইতেছে বলিয়া দেখা যায়, তবে সরবরাহ বন্ধ করা হইবে এই মর্মে গ্রাহককে আটচল্লিশ ঘণ্টার লিখিত নোটিস দেওয়ার পরেই কেবল সরবরাহকারী উক্ত স্থাপনায় বিদ্যুৎ-সরবরাহ দেওয়া বন্ধ করিতে পারেন, এবং পরিদর্শকের নিকট হইতে এইরূপ করার নির্দেশ পাইলে অবশ্যই সরবরাহ দেওয়া বন্ধ করিবেন; এবং বিদ্যুৎ-নির্গমনের কারণ দূর করা হইয়াছে বলিয়া তিনি অথবা পরিদর্শক নিশ্চিত না হওয়া পর্যন্ত নূতন করিয়া সরবরাহ দেওয়া আরম্ভ করিবেন না।

সংক্ষিপ্ত মন্তব্য

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের (Indian Electrical Act) ২০ (২) (খ) ধারা অনুযায়ী কোন অনুমতিপ্রাপ্ত ব্যক্তিকে বা বৈদ্যুতিক বিভাগ কর্তৃক ভারপ্রাপ্ত ব্যক্তিকে কোন বাড়ীতে প্রবেশ এবং পরিদর্শনের পূর্বে অবশ্যই কমপক্ষে চব্বিশ ঘণ্টার নোটিস দিতে হইবে। অতএব উপযুক্ত নোটিস বলিতে অবশ্যই কমপক্ষে চব্বিশ ঘণ্টার নোটিস বুঝিতে হইবে।

50. Supply and use of energy.—(1) The energy shall not be supplied, transformed, converted or used or continued to be

supplied, transformed, converted or used unless the following provisions are observed :

(*a*) a suitable linked switch or a circuit-breaker of requisite capacity to carry and break the current is placed as near as possible to, but after the point of commencement of supply as defined under rule 58, so as to be readily accessible and capable of being easily operated to completely isolate the supply to the installation, such equipment being in addition to any equipment installed for controlling individual circuits or apparatus :

Provided that where the point of commencement of supply and the consumer's apparatus are near each other, one linked switch or circuit-breaker near the point of commencement of supply shall be considered sufficient for the purpose of this rule ;

(*b*) a suitable linked switch or a circuit-breaker of requisite capacity to carry and break the full load current is inserted on the secondary side of a transformer, in case of high or extra-high voltage installation :

Provided, however, that the linked switch on the primary side of the transformer may be of such capacity as to carry the full load current and to break only the magnetising current of the transformer :

Provided further that the provision of this clause shall not apply to transformers installed in sub stations up to and including 100 KVA belonging to the supplier :

Provided also that the provision of a linked switch on the primary side of the transformer shall not apply to the unit auxiliary transformer of the generator ;

(*c*) every distinct circuit is protected against excess energy by means of a suitable cut-out or a circuit-breaker of adequate breaking capacity suitably located and so constructed as to prevent danger from over heating, arcing or scattering of hot metal when it comes into operation and to permit of ready renewal of the fusible metal of the cut-out without danger ;

(*d*) the supply of energy to each motor or a group of motors or other apparatus meant for operating one particular machine,

is controlled by a suitable linked switch or a circuit-breaker or an emergency tripping device with manual reset of requisite capacity placed in such a position as to be adjacent to the motor or a group of motors or other apparatus readily accessible to and easily operated by the person in charge and so connected in circuit that by its means all supply of energy can be cut-off from the motor or a group of motors or apparatus, and from any regulating switch, resistance or other device associated therewith ;

(*e*) all insulating material is chosen with special regard to the circumstances of its proposed use, the mechanical strength being sufficient for its purpose, and so far as is practicable, is of such a character or so protected as to maintain adequately its insulating properties under all working conditions in respect of temperature and moisture ; and

(*f*) adequate precautions are taken to ensure that no live parts are so exposed as to cause danger.

(2) (*a*) Where energy is being supplied, transformed, converted or used, the consumer or the owner of the concerned installation shall be responsible for the continuous observance of the provisions of sub-rule (1) in respect of his installation.

(*b*) Every consumer shall use all reasonable means to ensure that where energy is supplied by a supplier, no person other than the supplier shall interfere with the service lines and apparatus placed by the supplier on the premises of the consumer.

৫০। **বিদ্যুতের সরবরাহ ও ব্যবহার**।—(১) বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ, পরিবর্তন, রূপান্তরকরণ বা ব্যবহার করা হইবে না বা করা হইতে থাকিবে না যদি না নিম্নলিখিত বিধানগুলি পালন করা হয় :

(ক) একটি উপযুক্ত সংযোজক সুইচ অথবা বিদ্যুৎ-প্রবাহ বহন বা বিচ্ছিন্ন করার পক্ষে উপযুক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন একটি সারকিট-ব্রেকার ৫৮নং নিয়মে বর্ণিত সরবরাহের সূচনা-বিন্দুর পরে অথচ যতটা কাছাকাছি সম্ভব বসানো হয় যাহাতে তাহা সহজে নাগাল পাওয়া যায় এবং বৈদ্যুতিক স্থাপনায় সরবরাহ করা বিদ্যুৎ-প্রবাহ সম্পূর্ণ বিচ্ছিন্ন করার জন্য সহজে পরিচালনা করা চলে। স্বতন্ত্র তড়িৎ-বর্তনী বা যন্ত্রপাতি নিয়ন্ত্রণের জন্য স্থাপিত সরঞ্জাম ছাড়া ইহা অতিরিক্ত সরঞ্জাম হইবে :

এই শর্তে যে, যেখানে সরবরাহের সূচনা-বিন্দু এবং গ্রাহকের যন্ত্রপাতি পরস্পরের কাছাকাছি অবস্থিত, সেখানে সরবরাহের সূচনা-বিন্দুর নিকট একটি সংযোজক সুইচ অথবা সারকিট-ব্রেকার এই নিয়মের পক্ষে যথেষ্ট বলিয়া বিবেচিত হইবে ;

(খ) উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের বৈদ্যুতিক স্থাপনার ক্ষেত্রে একটি উপযুক্ত সংযোজক সুইচ অথবা পূরা লোডের বিদ্যুৎ-প্রবাহ বহন অথবা বিচ্ছিন্ন করার পক্ষে উপযুক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন একটি সারকিট-ব্রেকার ট্র্যান্সফরমারের সেকেণ্ডারির দিকে সন্নিবিষ্ট করা হয় :

অবশ্য এই শর্তে যে, ট্র্যান্সফরমারের প্রাইমারির দিকের সংযোজক সুইচটি এমন ক্ষমতাসম্পন্ন হইবে যাহাতে উহা পূরা লোডের বিদ্যুৎ-প্রবাহ বহন করিতে এবং কেবলমাত্র ট্র্যান্সফরমারের চুম্বক-শক্তি উৎপন্নকারী বিদ্যুৎ-প্রবাহ (magnetising current) বিচ্ছিন্ন করিতে পারে :

আরও এই শর্তে যে, সরবরাহকারীর মালিকাধীন ১০০ কে. ভি. এ. সমেত ১০০ কে. ভি. এ. পর্যন্ত ক্ষমতাসম্পন্ন শাখা-কেন্দ্রসমূহে স্থাপিত ট্র্যান্সফরমারের ক্ষেত্রে এই ধারার বিধান প্রযোজ্য হইবে না :

এই শর্তেও যে, ট্র্যান্সফরমারের প্রাইমারির দিকে একটি সংযোজক সুইচের বিধান জেনারেটারের সহায়ক একক ট্র্যান্সফরমারের প্রতি প্রযোজ্য হইবে না ;

(গ) প্রতিটি স্বতন্ত্র তড়িৎ-বর্তনী একটি উপযুক্ত কাট-আউট বা বিদ্যুৎ-প্রবাহ বিচ্ছিন্ন করার পক্ষে পর্যাপ্ত ক্ষমতার একটি সারকিট-ব্রেকার দ্বারা অতিরিক্ত তড়িৎ-শক্তি হইতে সংরক্ষিত হয়, এবং উক্ত কাট-আউট বা সারকিট-ব্রেকার এমনভাবে স্থাপিত ও নির্মিত হয় যাহাতে চালু অবস্থায় উহা অতিরিক্ত উত্তাপ, বৈদ্যুতিক "আর্কিং" বা উত্তপ্ত ধাতুর ইতস্ততঃ নিক্ষেপণের বিপদ রোধ করিতে পারে এবং নিরাপদে কাট-আউটের দ্রবণীয় ধাতু সহজে পুনরায় লাগানো সম্ভব করে।

(ঘ) নির্দিষ্ট কোন মেসিন পরিচালনার জন্য ব্যবহৃত প্রতিটি মোটরের বা একত্রে অবস্থিত কতকগুলি মোটরের বা অন্য যন্ত্রের বিদ্যুৎ-সরবরাহ একটি উপযুক্ত সংযোজক সুইচ কিংবা উপযুক্ত ক্ষমতার একটি সারকিট-ব্রেকার বা জরুরী অবস্থায় বর্তনীর সংযোগ আপনা হইতে খুলিয়া দেয় এবং হস্ত দ্বারা পুনরায় তাহা সংযোগ করা যায় এইরূপ কোন সরঞ্জাম দ্বারা যেন নিয়ন্ত্রিত হয়, এবং উক্ত নিয়ন্ত্রণকারী সুইচ বা সারকিট-ব্রেকার বা সরঞ্জাম যেন এমন স্থানে বসানো থাকে যাহাতে উহা মোটরের বা একত্রে অবস্থিত কতকগুলি মোটরের বা অন্য যন্ত্রের কাছাকাছি এবং ভারপ্রাপ্ত ব্যক্তির নাগালের মধ্যে সহজে পরিচালন যোগ্য হয়, এবং এমনভাবে বর্তনীর মধ্যে সংযুক্ত থাকে যাহাতে উহার দ্বারা মোটর বা একত্রে অবস্থিত কতকগুলি মোটর বা অন্য যন্ত্র এবং কোনও নিয়ন্ত্রণকারী সুইচ, রেজিস্ট্যান্স বা ইহার সহিত যুক্ত অন্য সরঞ্জাম হইতে সমস্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ কাটিয়া দেওয়া যায় ;

(ঙ) প্রস্তাবিত ব্যবহারের পারিপার্শ্বিক অবস্থা বিশেষভাবে বিবেচনা করিয়া যেন সকল অপরিবাহী বস্তু (insulating materials) নির্বাচন করা হয় ; তাহাদের

যান্ত্রিক ক্ষমতা যেন উদ্দেশ্যের পক্ষে যথেষ্ট হয় এবং যতটা সম্ভব তাহারা যেন এমন বৈশিষ্ট্যের হয় বা এমনভাবে সংরক্ষিত থাকে যাহাতে সবরকম কাজের মধ্যে তাপ ও আর্দ্রতার অবস্থায় তাহাদের অপরিবাহী গুণ পর্যাপ্ত পরিমাণে বজায় থাকে ;

(চ) বিপদ ঘটিতে পারে এমন অবস্থায় যাহাতে কোনও বিদ্যুৎবাহী অংশ খোলা না থাকে, সেই বিষয়ে নিশ্চয়তার জন্য যেন যথেষ্ট সতর্কতা অবলম্বন করা হয়।

(২) (ক) যেখানে তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ, পরিবর্তন, রূপান্তর বা ব্যবহার করা হইতেছে, সেখানে গ্রাহক বা আলোচ্য বৈদ্যুতিক স্থাপনার মালিককে তাহার স্থাপনা সম্পর্কে ১নং উপনিয়মের বিধানগুলি অবিরাম পালনের দায়িত্ব গ্রহণ করিতে হইবে।

(খ) যেখানে কোন সরবরাহকারী কর্তৃক বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়, সেখানে গ্রাহকের বাড়ীতে সরবরাহকারী কর্তৃক স্থাপিত সরবরাহ-লাইন ও যন্ত্রপাতিতে সরবরাহকারী ভিন্ন অন্য কেহ যাহাতে হাত না দেয়, সেই বিষয়ে নিশ্চয়তার জন্য প্রতিটি গ্রাহককে সবরকম যুক্তিসঙ্গত ব্যবস্থা গ্রহণ করিতে হইবে।

51. Provisions applicable to medium, high or extra-high voltage installations.—The following provisions shall be observed where energy at medium, high or extra-high voltage is supplied, converted, transformed or used :

(1) (*a*) All conductors (other than those of overhead lines) shall be completely enclosed in mechanically strong metal casing or metallic covering which is electrically and mechanically continuous and adequately protected against mechanical damage unless the said conductors are accessible only to an authorised person or are installed and protected to the satisfaction of the Inspector so as to prevent danger :

Provided that rigid non-metallic conduits conforming to Indian Standards Specification No. IS . 2509-1963 Rigid Non-Metallic Conduits for Electric Installation, may be used for medium voltage installations, subject to conditions as the Inspector or any officer appointed to assist the Inspector may such think fit to impose.

(*b*) All metal work enclosing, supporting or associated with the installation other than that designed to serve as a conductor shall, if considered necessary by the Inspector, be connected with earth.

(*c*) Every main switchboard shall comply with the following provisions, namely :—

(*i*) a clear space of not less than 0·914 metre (3 feet) in width shall be provided in front of the switchboard ;

(*ii*) if there are any attachments or bare connections at the back of the switchboard, the space (if any) behind the switchboard shall be either less than 0·229 metre (9 inches) or more than 0·762 metre (30 inches) in width, measured from the furthest outstanding part of any attachment or conductor ;

(*iii*) if the space behind the switchboard exceeds 0·762 metre (30 inches) in width, there shall be a passage-way from either end of the switchboard clear to a height of 1·829 metres (6 feet).

(2) Where an application has been made to a supplier for supply of energy to any installation, he shall not commence, or where the supply has been discontinued, recommence the supply unless he is satisfied that the consumer has complied in all respects with the conditions of supply, set out in sub-rule (1) of this rule, rules 50 and 64.

(3) Where a supplier proposes to supply or use energy at medium voltage or to recommence supply after it has been discontinued for a period of six months, he shall, before connecting or reconnecting the supply, give notice in writing of such intention to the Inspector.

(4) If at any time after connecting the supply the supplier is satisfied that any provision of sub-rule (1) of this rule, or of rules 50 and 64 is not being observed, he shall give notice of the same in writing to the consumer and the Inspector specifying how the provision has not been observed, and may discontinue the supply if the Inspector so directs.

৫১। মাঝারি, উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের বৈদ্যুতিক স্থাপনা সম্পর্কে প্রযোজ্য বিধানসমূহ।—যেখানে মাঝারি, উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপে বৈদ্যুতিক-শক্তি সরবরাহ, পরিবর্তন, রূপান্তর বা ব্যবহার করা হয়, সেখানে নিম্নলিখিত বিধানগুলি মানিতে হইবে :

(১) (ক) সকল পরিবাহী (খোলা জায়গায় মাথার উপর দিয়া টানা লাইনের পরিবাহী বাদে) বৈদ্যুতিক ও যান্ত্রিক দিক হইতে নিরবচ্ছিন্ন এবং যান্ত্রিক ক্ষতি হইতে যথেষ্টভাবে সংরক্ষিত ধাতুর খোল বা ধাতব আচ্ছাদন দ্বারা পুরাপুরি আবৃত থাকিবে যদি না উক্ত পরিবাহীসকল কেবলমাত্র একজন অধিকারপ্রাপ্ত ব্যক্তির নাগালের মধ্যে হয় অথবা পরিদর্শকের মতে বিপন্মুক্তভাবে স্থাপিত এবং সংরক্ষিত হয় :

এই শর্তে যে, পরিদর্শক বা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত কোন কর্মচারী এইরূপ যে-সকল শর্ত আরোপ করার যোগ্য বলিয়া বিবেচনা করিবেন, সেই সকল শর্তাধীনে মাঝারি চাপের বৈদ্যুতিক স্থাপনার ক্ষেত্রে ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ নং আই এস: ২৫০৯-১৯৬৩ বৈদ্যুতিক স্থাপনার জন্য শক্ত অধাতব কণ্ডুইট অনুসারে নির্মিত শক্ত অধাতব কণ্ডুইট ব্যবহার করা যাইতে পারে।

(খ) যেগুলি পরিবাহী হিসাবে প্রয়োজন সেইগুলি বাদে আচ্ছাদক, অবলম্বন বা বৈদ্যুতিক স্থাপনার সহিত কোনও ভাবে সংশ্লিষ্ট সবরকম ধাতব কাজকে, পরিদর্শক প্রয়োজন মনে করিলে, মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে।

(গ) প্রতিটি প্রধান সুইচবোর্ডের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত বিধানগুলি মানিতে হইবে, যেমন—

(/০) অন্যূন ০.৯১৪ মিটার (৩ ফুট) চওড়া পরিষ্কার জায়গা সুইচবোর্ডের সম্মুখে রাখিতে হইবে,

(৵০) সুইচবোর্ডের পিছনে যদি কোন সংযোজন বা খোলা সংযোগ থাকে, তবে সুইচবোর্ডের পিছনের জায়গাটি (যদি কোন জায়গা থাকে) কোনও সংযোজনের দূরতম বহিরংশ বা পরিবাহী হইতে মাপিলে হয় ০.২২৯ মিটার (৯ ইঞ্চি) অপেক্ষা কম অথবা ০.৭৬২ মিটার (৩০ ইঞ্চি) অপেক্ষা বেশী চওড়া হইবে,

(৶০) যদি সুইচবোর্ডের পিছনের জায়গা ০.৭৬২ মিটার (৩০ ইঞ্চি) অপেক্ষা বেশী চওড়া হয়, তবে সুইচবোর্ডের দুই প্রান্ত হইতে পরিষ্কার ১.৮২৯ মিটার (৬ ফুট) উচ্চ একটি চলার পথ থাকিবে।

(২) যেক্ষেত্রে কোনও স্থাপনায় বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য সরবরাহকারীর নিকট আবেদন করা হইয়াছে, সেক্ষেত্রে এই নিয়মের ১নং উপনিয়মে এবং ৫০ নং ও ৬৪ নং নিয়মে বর্ণিত বিধানগুলি গ্রাহক কর্তৃক সর্বরকমে পালিত হওয়া সম্পর্কে সন্তুষ্ট না হওয়া পর্যন্ত সরবরাহকারী বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবেন না, বা যেখানে সরবরাহ বন্ধ করা হইয়াছে, সেখানে পুনরায় সরবরাহ সুরু করিবেন না।

(৩) যেক্ষেত্রে কোনও সরবরাহকারী মাঝারি তড়িৎ-চাপে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে বা ব্যবহার করিতে অথবা ছয় মাস সরবরাহ বন্ধ রাখার পর পুনরায় উহা সুরু করিতে ইচ্ছুক হন, সেক্ষেত্রে তিনি সরবরাহ সুরু বা পুনরায় সুরু করিবার পূর্বে পরিদর্শককে লিখিতভাবে এই মর্মে নোটিস দিবেন।

(৪) সরবরাহ সুরু করার পরে সরবরাহকারী যদি নিঃসন্দেহ হন যে, এই নিয়মের ১নং উপনিয়মে অথবা ৫০নং ও ৬৪নং নিয়মে বর্ণিত কোনও একটি বিধান প্রতিপালিত হইতেছে না, তবে কিভাবে বিধানটি প্রতিপালিত হইতেছে না তাহা সবিস্তারে উল্লেখ করিয়া তিনি গ্রাহককে এবং পরিদর্শককে এই বিষয়ে লিখিত নোটিস দিবেন, এবং পরিদর্শক যদি অনুরূপ নির্দেশ দেন, তবে তিনি সরবরাহ বন্ধ করিয়া দিতে পারেন

52. Appeal to Inspector in regard to defects.—(1) If any applicant for a supply or a consumer is dissatisfied with the action of the supplier in declining to commence, to continue or to recommence the supply of energy to his premises on the grounds that the installation is defective or is likely to constitute danger, he may appeal to the Inspector to test the installation and the supplier shall not, if the Inspector or, under his orders, any other officer appointed to assist the Inspector, is satisfied that the installation is free from the defect or danger complained of, be entitled to refuse supply to the consumer on the grounds aforesaid, and shall, within twenty-four hours after the receipt of such intimation from the Inspector, commence, continue or recommence the supply of energy.

(2) Any test for which application has been made under the provision of sub-rule (1) shall be carried out within seven days after the receipt of such application.

(3) This rule shall be endorsed on every notice given under the provisions of rules 47, 48 and 49.

৫২। ত্রুটি সম্পর্কে পরিদর্শকের নিকট আপীল।—(১) বৈদ্যুতিক স্থাপনা ত্রুটিপূর্ণ হওয়াতে বা বিপজ্জনক হইতে পারে এই কারণে তাহার বাড়ীতে সরবরাহকারী বিদ্যুৎ সরবরাহ সুরু করিতে, চালু রাখিতে বা পুনরায় সুরু করিতে অস্বীকার করায় যদি বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য কোন আবেদনকারী বা কোন গ্রাহক অসন্তুষ্ট হন, তবে তিনি তাহার স্থাপনা পরীক্ষা করার জন্য পরিদর্শকের নিকট আবেদন করিতে পারেন, এবং যদি পরিদর্শক অথবা তাহার নির্দেশানুযায়ী তাহাকে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত কোনও কর্মচারী সন্তুষ্ট হন যে, সেই বৈদ্যুতিক স্থাপনা অভিযুক্ত ত্রুটি বা বিপদ হইতে মুক্ত, তবে পূর্বোক্ত কারণে সরবরাহকারী গ্রাহককে বিদ্যুৎ সরবরাহ দিতে অস্বীকার করিতে পারিবেন না, এবং পরিদর্শকের নিকট হইতে এই মর্মে সংবাদ পাওয়ার চব্বিশ ঘণ্টার মধ্যে তাহাকে বিদ্যুৎ সরবরাহ সুরু করিতে, চালু রাখিতে বা পুনরায় সুরু করিতে হইবে।

(২) ১নং উপনিয়মের বিধান অনুযায়ী কোন পরীক্ষার জন্য দরখাস্ত দেওয়া হইলে তাহা এই ধরনের দরখাস্ত পাওয়ার সাত দিনের মধ্যে সমাপ্ত করিতে হইবে।

(৩) ৪৭, ৪৮ এবং ৯ নং নিয়মের বিধান অনুযায়ী প্রদত্ত প্রত্যেক নোটিসে এই নিয়মটিকে অনুমোদন করিতে হইবে।

53. Cost of inspection and test of consumer's installation.—(1) The cost of the first inspection and test of a consumer's

installation carried out in pursuance of the provisions of rule 47 shall be borne by the supplier and the cost of every subsequent inspection and test shall be borne by the consumer, unless in the appeal under rule 52, the Inspector directs otherwise.

(2) The cost of any inspection and test made by the Inspector or any officer appointed to assist the Inspector, at the request of the consumer or other interested party, shall be borne by the consumer or other interested party, unless the Inspector directs otherwise.

(3) The cost of each and every such inspection and test by whomsoever borne shall be calculated in accordance with the scale specified by the Central or the State Government as the case may be in this behalf.

৫৩। গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচপত্র।— (১) ৪৭নং নিয়মের বিধান অনুযায়ী প্রথমবারে গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচ সরবরাহকারীকে বহন করিতে হইবে, এবং যদি না ৫২নং নিয়ম অনুযায়ী আপীলের ক্ষেত্রে পরিদর্শক অন্যরকম নির্দেশ দেন, পরবর্তী প্রত্যেকবারের পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচ গ্রাহককে বহন করিতে হইবে।

(২) যদি না পরিদর্শক অন্যরকম নির্দেশ দেন, গ্রাহক বা অন্য কোনও স্বার্থসম্পন্ন ব্যক্তির অনুরোধে পরিদর্শক কিংবা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত কোনও কর্মচারী কর্তৃক পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচ গ্রাহক বা অন্য কোনও স্বার্থসম্পন্ন ব্যক্তিকে বহন করিতে হইবে।

(৩) এইরূপ প্রত্যেকটি পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচ যাহাকেই বহন করিতে হউক না কেন, তাহা এই ব্যাপারে অবস্থামত কেন্দ্রীয় বা রাজ্য সরকার কর্তৃক নির্দিষ্ট মান অনুযায়ী হিসাব করিতে হইবে।

54. Declared voltage of supply to consumer.—Except with the written consent of the consumer or with the previous sanction of the State Government a supplier shall not permit the voltage at the point of commencement of supply as defined under rule 58 to vary from the declared voltage

(*i*) in the case of low or medium voltage, by more than 6 per cent ; or

(*ii*) in the case of high voltage, by more than 6 per cent on the higher side or by more than 9 per cent on the lower side ; or

(*iii*) in the case of extra-high voltage, by more than 12·5 per cent :

Provided that in the case of high voltage, the voltage variation limit of 12·5 per cent may continue till the 31st March, 1974.

৫৪। গ্রাহককে সরবরাহ করা ঘোষিত তড়িৎ-চাপ।—গ্রাহকের লিখিত সম্মতি ছাড়া বা রাজ্য সরকারের পূর্ব অনুমোদন ব্যতীত কোনও সরবরাহকারী ৫৮নং নিয়মে বর্ণিত সরবরাহ-সূচনা বিন্দুতে তড়িৎ-চাপ ঘোষিত তড়িৎ-চাপ হইতে

(/•) নিম্ন বা মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে শতকরা ৬ ভাগের অধিক, অথবা

(৵•) উচ্চ তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে উচ্চতর চাপের দিকে শতকরা ৬ ভাগের বা নিম্নতর চাপের দিকে শতকরা ৯ ভাগের অধিক, অথবা

(৶•) অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে শতকরা ১২·৫ ভাগের অধিক, কম-বেশী করিতে পারিবেন না :

এই শর্তে যে, উচ্চ তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে ইং ১৯৭৪ সালের ৩১শে মার্চ পর্যন্ত তড়িৎ-চাপ কম-বেশী করার সীমা শতকরা ১২·৫ ভাগ পর্যন্ত রাখা যাইতে পারে।

55. Declared frequency of supply to consumer.—Except with the written consent of the consumer or with the previous sanction of the State Government a supplier shall not permit the frequency of an alternating current supply to vary from the declared frequency by more than 3 per cent.

৫৫। গ্রাহককে সরবরাহ করা ঘোষিত ফ্রীকোয়েন্সি।—গ্রাহকের লিখিত সম্মতি ছাড়া বা রাজ্য সরকারের পূর্ব অনুমোদন ব্যতীত কোনও সরবরাহকারী পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফ্রীকোয়েন্সি ঘোষিত ফ্রীকোয়েন্সি হইতে শতকরা ৩ ভাগের অধিক কম-বেশী করিতে পারিবেন না।

56. Sealing of meters and cut-outs.—(1) A supplier may affix one or more seals to any cut-out and any meter, maximum demand indicator, or other apparatus placed upon a consumer's premises in accordance with section 26, and no person other than the supplier shall break any such seal.

(2) The consumer shall use all reasonable means in his power to ensure that no such seal is broken otherwise than by the supplier.

Notes

A consumer is liable for breakage of seal even if he did not break it unless he proves that he used all reasonable means to ensure that seal should not be broken.

৫৬। মিটার ও কাট-আউট সীল করা।—(১) ২৬নং অনুচ্ছেদ অনুযায়ী গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত যে-কোনও কাট-আউট এবং কোনও মিটার, সর্বোচ্চ-চাহিদা-নির্দেশক যন্ত্র বা অন্য কোনও যন্ত্রপাতিতে সরবরাহকারী এক বা একাধিক সীল আঁটিয়া দিতে পারেন, এবং সরবরাহকারী ভিন্ন অন্য কেহ এই সীল ভাঙ্গিতে পারিবে না।

(২) সরবরাহকারী ভিন্ন অন্য কেহ যাহাতে এই সীল না ভাঙ্গে তাহা নিশ্চিত করার জন্য গ্রাহককে সাধ্যানুযায়ী সবরকম সঙ্গত উপায় গ্রহণ করিতে হইবে।

সংক্ষিপ্ত মন্তব্য

এমনকি নিজে না ভাঙ্গিলেও একজন গ্রাহক সীল ভাঙ্গার জন্য দায়ী হইবেন, যদি না তিনি প্রমাণ করেন যে সীল যাহাতে না ভাঙ্গে তাহা নিশ্চিত করার জন্য তিনি সবরকম সঙ্গত উপায় অবলম্বন করিয়াছিলেন।

57. Meters, maximum demand indicators and other apparatus on consumer's premises.—(1) Any meter or maximum demand indicator or other apparatus placed upon a consumer's premises in accordance with section 26 shall be of appropriate capacity and shall be deemed to be correct if its limits of error do not exceed 3 per cent above or below absolute accuracy at all loads in excess of one-tenth of full loads and up to full load.

(2) No meter shall register at no load.

(3) Every supplier shall provide and maintain in proper condition such suitable apparatus as may be prescribed or approved by the Inspector for the examination, testing and regulation of meters used or intended to be used in connection with the supply of energy:

Provided that the supplier may with the approval of the Inspector and shall, if required by the Inspector, enter into a joint arrangement with any other supplier for the purpose aforesaid.

(4) Every supplier shall examine, test, and regulate all meters, maximum demand indicators and other apparatus for ascertaining the amount of energy supplied before their first installation at the consumer's premises and at such other intervals as may be directed by the State Government in this behalf.

(5) Every supplier shall maintain a register of meters showing the date of the last test, the error recorded at the time of the test,

the limit of accuracy after adjustment and final test, the date of installation, withdrawal, reinstallation, etc., for the examination of the Inspector or his authorised representative.

৫৭। গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত মিটার, সর্বোচ্চ-চাহিদা-নির্দেশক যন্ত্র ও অন্যান্য যন্ত্রপাতি।—(১) ২৬নং অনুচ্ছেদ অনুযায়ী গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত কোনও মিটার, সর্বোচ্চ-চাহিদা-নির্দেশক যন্ত্র ও অন্যান্য যন্ত্রপাতি উপযুক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন হইতে হইবে, এবং পূরা লোডের এক-দশমাংশ অপেক্ষা বেশী এবং পূরা লোড পর্যন্ত সকল লোডে নিশ্চিত সঠিকতার শতকরা ৩ ভাগের উপরে বা নীচে যদি ভুল সীমাবদ্ধ থাকে, তবে সেইগুলি যথাযথ আছে বলিয়া ধরা হইবে।

(২) লোডশূন্য অবস্থায় কোনও মিটার কিছু নির্দেশ করিবে না।

(৩) বিদ্যুৎ সরবরাহ প্রসঙ্গে ব্যবহৃত বা ব্যবহারের জন্য উদ্দিষ্ট মিটারের পরিদর্শন, পরীক্ষা ও নিয়ন্ত্রণের জন্য পরিদর্শক কর্তৃক নির্দিষ্ট বা অনুমোদিত উপযুক্ত যন্ত্রপাতি প্রত্যেক সরবরাহকারীকে প্রস্তুত রাখিতে ও উপযুক্ত অবস্থায় রক্ষণাবেক্ষণ করিতে হইবে :

এই শর্তে যে, পরিদর্শকের অনুমোদন লইয়া সরবরাহকারী পূর্বোক্ত উদ্দেশ্যে অন্য কোনও সরবরাহকারীর সহিত যৌথ ব্যবস্থার চুক্তিতে আবদ্ধ হইতে পারেন, এবং পরিদর্শক প্রয়োজন মনে করিলে এইরূপ চুক্তিতে আবদ্ধ হইবেন।

(৪) গ্রাহকের বাড়ীতে প্রথম স্থাপনের পূর্বে, এবং এই ব্যাপারে রাজ্য সরকার যেমন নির্দেশ দেন সেই রকম বিরতির পরে পরে, প্রত্যেক সরবরাহকারীকে বিদ্যুৎ সরবরাহের পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য সকল মিটার, সর্বোচ্চ-চাহিদা-নির্দেশক যন্ত্র ও অন্যান্য যন্ত্রপাতি পরিদর্শন, পরীক্ষা ও নিয়ন্ত্রণ করিতে হইবে।

(৫) পরিদর্শক বা তাহার ভারপ্রাপ্ত প্রতিনিধির পরীক্ষার জন্য প্রত্যেক সরবরাহ-কারীকে মিটারসমূহের বিগত পরীক্ষার তারিখ, পরীক্ষার সময় যে ভুল লক্ষিত হইয়াছিল তাহা, মেরামত ও শেষ পরীক্ষার পর সঠিকতার সীমা, স্থাপন, অপসারণ, পুনঃস্থাপনের তারিখ, প্রভৃতি লিপিবদ্ধ করিয়া একটি মিটার-রেজিস্টারী বই রাখিতে হইবে।

58. Point of commencement of supply.—The point of commencement of supply of energy to a consumer shall be deemed to be the point at the outgoing terminals of the cut-outs inserted by the supplier in each conductor of every service line other than an earthed or earthed neutral conductor or the earthed external conductor of a concentric cable at the consumer's premises.

৫৮। বিদ্যুৎ-সরবরাহ-সূচনা বিন্দু।—মাটির সহিত যুক্ত বা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী অথবা এককেন্দ্রবিশিষ্ট কেবলের মাটির সহিত যুক্ত বাহিরের

পরিবাহী ব্যতীত প্রতিটি সরবরাহ লাইনের প্রত্যেকটি পরিবাহীতে সরবরাহকারী কর্তৃক প্রবিষ্ট কাট-আউটের বাহির হইয়া আসা প্রান্ত-বিন্দুগুলিই গ্রাহকের বিদ্যুৎ-সরবরাহ-সূচনা বিন্দু বলিয়া বিবেচিত হইবে।

59. Precautions against failure of supply: Notice of failures.—(1) The lay-out of the electric supply lines of the supplier for the supply of energy throughout his area of supply shall under normal working conditions be sectionalised and so arranged, and provided with cut-outs or circuit-breakers so located, as to restrict within reasonable limits the extent of the portion of the system affected by any failure of supply.

(2) The supplier shall take all reasonable precautions to avoid any accidental interruptions of supply and also to avoid danger to the public or to any employee or authorized persons when engaged on any operation during and in connection with the installation, extension, replacement, alteration, repair and maintenance of any works.

(3) The supplier shall send to the Inspector notice of failure of supply of such kind as the Inspector may from time to time require to be notified to him, and such notice shall be sent by the earliest practicable post after the failure occurs or after the failure becomes known to the supplier and shall be in such form and contain such particulars as the Inspector may from time to time specify.

(4) For the purposes of testing or for any other purposes connected with the efficient working of the undertaking, the supply of energy may be discontinued by the supplier for such period as may be necessary subject (except in cases of emergency) to not less than twenty-four hours' notice being given by the supplier to all classes of consumers specified by the Inspector likely to be affected by such discotinuance; and in the event of any consumer or consumers from such classes of consumers objecting, the supply of energy shall not be discontinued (except in cases of emergency), without the consent of the Inspector and subject to such conditions as he may impose.

৫৯। সরবরাহ-বিরতির বিরুদ্ধে সতর্কতা: বিরতির নোটিস্।— (১) সাধারণ কার্যকর অবস্থায় সরবরাহকারীকে তাহার সমগ্র সরবরাহ-এলাকায় বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য সরবরাহ লাইনগুলিকে শাখাবিভক্ত ও এমনভাবে বিন্যাস করিতে হইবে, এবং এমনভাবে কাট-আউট বা সারকিট-ব্রেকার বসাইতে হইবে, যাহাতে সরবরাহ-বিরতির দ্বারা ক্ষতিগ্রস্ত অংশ যুক্তিসঙ্গত এলাকার মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে।

(২) যে-কোনও আকস্মিক সরবরাহ-বিরতি এড়াইবার জন্য সরবরাহকারীকে সবরকম যুক্তিসঙ্গত সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে, এবং জনসাধারণের অথবা কোন যন্ত্রপাতি স্থাপন, সম্প্রসারণ, প্রতিস্থাপন, পরিবর্তন, মেরামত ও রক্ষণাবেক্ষণের ব্যাপারে কাজে নিযুক্ত কোনও কর্মচারীর বা ভারপ্রাপ্ত ব্যক্তির বিপদ এড়াইবার জন্যও তাহাকে অনুরূপ সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে।

(৩) সরবরাহ-বিরতি সম্পর্কে সময় সময় পরিদর্শক যে ধরনের নোটিস্ চাহিবেন, সেই ধরনের নোটিস্ সরবরাহকারী পরিদর্শককে পাঠাইতে বাধ্য থাকিবেন, এবং এইরূপ নোটিস্ বিরতি ঘটার কিংবা বিরতির কথা জানার পরই যত তাড়াতাড়ি সম্ভব সরবরাহকারীকে ডাকে পাঠাইতে হইবে, এবং তাহা সময় সময় পরিদর্শক যেরূপ নির্দিষ্ট করিয়া দিবেন সেইরূপ ফরম্-এ লিখিত আর সেইরূপ খুঁটিনাটি খবর সমন্বিত হইতে হইবে।

(৪) (জরুরী অবস্থা ভিন্ন অন্য সকল ক্ষেত্রে) সরবরাহ বন্ধের দ্বারা ক্ষতিগ্রস্ত হইতে পারে পরিদর্শক কর্তৃক নির্দিষ্ট এমন সকল শ্রেণীর গ্রাহককে অনধিক চব্বিশ ঘণ্টার নোটিস্ দিয়া পরীক্ষার উদ্দেশ্যে কিংবা প্রতিষ্ঠানের দক্ষ পরিচালন ব্যবস্থার সহিত সম্পর্কিত যে-কোনও উদ্দেশ্যে যতক্ষণ প্রয়োজন ততক্ষণের জন্য সরবরাহকারী বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ রাখিতে পারিবেন; এবং যদি উক্ত শ্রেণীসমূহের অন্তর্গত গ্রাহকদিকের মধ্যে কোনও গ্রাহক বা গ্রাহকগণ আপত্তি করেন, তবে (জরুরী অবস্থা ব্যতীত) পরিদর্শকের সম্মতি ছাড়া এবং তাহার আরোপিত শর্তসমূহ পালন না করিয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করা চলিবে না।

CHAPTER VI

ELECTRIC SUPPLY LINES, SYSTEMS AND APPARATUS FOR LOW AND MEDIUM VOLTAGES

ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ

নিম্ন ও মাঝারি তড়িৎ-চাপের জন্য বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন, ব্যবস্থা ও যন্ত্রপাতি

60. Test for resistance of insulation.—(1) Where any electric supply line for use at low or medium voltage has been disconnected from a system for the purpose of addition or alteration or repair, such electric supply line shall not be reconnected to the system until the supplier or the owner has applied the test prescribed under rule 48.

(2) The provision of sub-rule (1) shall not apply to overhead lines except overhead insulated cables unless the Inspector otherwise directs in any particular case.

৬০। **অন্তরণের রোধ পরীক্ষা।**—(১) যেখানে নিম্ন বা মাঝারি তড়িৎ-চাপে ব্যবহারের জন্য বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনকে সংযোজন বা পরিবর্তন বা মেরামতের উদ্দেশ্যে সরবরাহ ব্যবস্থা হইতে বিযুক্ত করা হইয়াছে, সেখানে সরবরাহকারী বা মালিক ৪৮নং নিয়ম অনুযায়ী পরীক্ষা প্রয়োগ করার পূর্বে উক্ত বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন পুনরায় সরবরাহ ব্যবস্থার সহিত যুক্ত করা চলিবে না।

(২) কোনও বিশেষ ক্ষেত্রে পরিদর্শক অন্যরূপ নির্দেশ না দিলে মাথার উপরের অন্তরিত (insulated) কেব্‌লসমূহ ব্যতীত খোলা জায়গায় মাথার উপর দিয়া টানা লাইনের সম্পর্কে ১নং উপনিয়মের বিধান প্রযোজ্য হইবে না।

61. Connection with earth.—(1) The following provisions shall apply to the connection with earth of systems at low voltage [between phase or outers] in cases where the voltage [between phase or outers] normally exceeds 125 volts and of systems at medium voltage [between phase or outers] :—

(a) The neutral conductor of a three-phase, four-wire system, and the middle conductor of a two-phase, three-wire system shall be earthed by not less than two separate and distinct connections

with earth both at the generating station and at the sub-station. It may also be earthed at one or more points along the distribution system or service line in addition to any connection with earth which may be at the consumer's premises.

(b) In the case of a system comprising electric supply lines having concentric cables, the external conductor of such cables shall be earthed by two separate and distinct connections with earth.

(c) The connection with earth may include a link by means of which the connection may be temporarily interrupted for the purpose of testing or for locating a fault.

(d) (*i*) In a direct-current three-wire system the middle conductor shall be earthed at the generating station only, and the current from the middle conductor to earth shall be continuously recorded by means of a recording ammeter, and if at any time the current exceeds one thousandth part of the maximum supply-current, immediate steps shall be taken to improve the insulation of the system.

(*ii*) Where the middle conductor is earthed by means of a circuit-breaker with . resistance connected in parallel, the resistance shall not exceed 10 ohms and on the opening of the circuit-breaker, immediate steps shall be taken to improve the insulation of the system, and the circuit-breaker shall be reclosed as soon as possible.

(*iii*) The resistance shall be used only as a protection for the ammeter in case of earths on the system and until such earths are removed. Immediate steps shall be taken to locate and remove the earth.

(e) In the case of an alternating current system there shall not be inserted in the connection with earth any impedance (other than that required solely for the operation of switchgear or instruments), cut-out or circuit-breaker, and the result of any test made to ascertain whether the current (if any) passing through the connection with earth is normal, shall be duly recorded by the supplier.

(f) No person shall make connection with earth by the aid of, nor shall he keep it in contact with any water main not belonging to him except with the consent of the owner thereof and of the Inspector.

(g) Alternating current systems which are connected with earth as aforesaid may be electrically interconnected :

Provided that each connection with earth is bonded to the metal sheathing and metallic armouring (if any) of the electric supply lines concerned.

(2) The frame of every generator, stationary motor, and so far as is practicable, portable motor, and the metallic parts (not intended as conductors) of all transformers and any other apparatus used for regulating or controlling energy and all medium voltage energy consuming apparatus shall be earthed by the owner by two separate and distinct connections with earth.

(3) All metal casings or metallic coverings containing or protecting any electric supply line or apparatus shall be connected with earth and shall be so joined and connected across all junction boxes and other openings as to make good mechanical and electrical connection throughout their whole length :

Provided that where the supply is at low voltage, this sub-rule shall not apply to isolated wall tubes or to brackets, electroliers, switches, ceiling fans or other fittings (other than portable hand lamps and portable and transportab'e apparatus) unless provided with earth terminal :

Provided further that where the supply is at low voltage and where the installations are either new or renovated, all plug sockets shall be of the three-pin type, and the third pin shall be permanently and efficiently earthed.

This sub-rule shall come into force immediately in the case of new installations, and in the case of existing installations the provisions of this sub-rule shall be complied with before the expiry of a period of two years from the commencement of those rules.

(4) All earthing systems shall, before electric supply lines or apparatus are energised, be tested for electrical resistance to ensure efficient earthing.

(5) All earthing systems belonging to the supplier shall, in addition, be tested for resistance on dry day during the dry season not less than once every two years.

(6) A record of every earth test made and the result thereof shall be kept by the supplier for a period of not less than two years after the day of testing and shall be available to the Inspector or an officer appointed to assist the Inspector and holding Gazetted rank when required.

৬১। **মাটির সহিত সংযোগ**।—(১) নিম্ন তড়িৎ-চাপের সরবরাহ ব্যবস্থায় যে-সকল ক্ষেত্রে তড়িৎ-চাপ [ফেজের অথবা আউটারের মধ্যবর্তী] সাধারণতঃ ১২৫ ভোল্টের বেশী হয়, এবং মাঝারি তড়িৎ-চাপের সরবরাহ ব্যবস্থায় মাটির সহিত সরবরাহ ব্যবস্থার সংযোগের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত বিধানগুলি প্রযোজ্য হইবে :—

(ক) বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রে এবং উপকেন্দ্রে তিন-ফেজ, চার-তার বিশিষ্ট সরবরাহ ব্যবস্থার নিউট্রাল পবিবাহীকে এবং দুই-ফেজ, তিন-তার বিশিষ্ট সরবরাহ ব্যবস্থার মাঝের পরিবাহীকে দুইটি পৃথক ও স্বতন্ত্র সংযোজকের দ্বারা মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে। গ্রাহকের বাড়ীতে মাটির সহিত সংযোগ ছাড়াও সরবরাহ ব্যবস্থার বা সববরাহ লাইনের এক বা একাধিক অংশে ইহাকে মাটির সহিত যুক্ত করা যাইতে পারে।

(খ) এককেন্দ্র বিশিষ্ট কেব্‌লের সাহায্যে তৈরী বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনের ক্ষেত্রে এই সকল কেব্‌ল-এর বাহিরের পরিবাহীকে দুইটি পৃথক ও স্বতন্ত্র সংযোজকের দ্বারা মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে।

(গ) মাটির সহিত সংযোগ একটি সংযোজক (link) সমন্বিত হইতে পারে যাহার দ্বারা পরীক্ষা বা ত্রুটি চিহ্নিত করার উদ্দেশ্যে ঐ সংযোগ সাময়িকভাবে খুলিয়া দেওয়া যায়।

(ঘ) (/০) অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের তিন-তার বিশিষ্ট সরবরাহ ব্যবস্থায় মাঝের পরিবাহীকে একমাত্র বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রে মাটির সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে, এবং মাঝের পরিবাহী হইতে মাটির দিকে প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ একটি নির্দেশকারী অ্যাম্মিটারের সাহায্যে অবিরাম পরিমাপ করা হইবে, এবং যদি কখনও এই প্রবাহ সরবরাহ-করা সর্বাধিক তড়িৎ-প্রবাহের এক-সহস্রাংশ অপেক্ষা বেশী হয়, তবে অবিলম্বে সরবরাহ ব্যবস্থার অন্তরণের মান উন্নত করার উপায় গ্রহণ করিতে হইবে।

(৶০) যেখানে মাঝের পরিবাহীর সহিত প্যারালেলে একটি রোধক সংযুক্ত করিয়া উহাকে একটি সারকিট-ব্রেকারের সাহায্যে মাটির সহিত যুক্ত করা হয়, সেখানে রোধকের রোধ ১০ ওমের বেশী হইবে না, এবং সারকিট-ব্রেকার খুলিয়া গেলে সরবরাহ ব্যবস্থার অন্তরণের মান উন্নত করার জন্য অবিলম্বে উপায় গ্রহণ করিতে হইবে, এবং যত শীঘ্র সম্ভব সারকিট-ব্রেকার পুনরায় বন্ধ করিয়া দিতে হইবে।

(৶০) মাটির সহিত সরবরাহ ব্যবস্থার সংযোগ ঘটিলে এবং সেই সংযোগ দূর না করা পর্যন্ত কেবলমাত্র অ্যাম্মিটারের নিরাপত্তার জন্য রোধকটি ব্যবহৃত হইবে। মাটির সহিত সংযোগ খুঁজিয়া বাহির করা ও তাহা অপসারণের জন্য অবিলম্বে তৎপর হইতে হইবে।

(ঙ) পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের সরবরাহ ব্যবস্থার মাটির সহিত সংযোগের মধ্যে (কেবলমাত্র সুইচ্গীয়ার বা যন্ত্রপাতি পরিচালনার জন্য যাহা প্রয়োজন তাহা বাদে) কোনও ইম্পিড্যান্স, কাট-আউট বা সারকিট-ব্রেকার প্রবিষ্ট করা চলিবে না, এবং মাটির সহিত সংযোগের মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের (যদি প্রবাহিত হয়) পরিমাণ স্বাভাবিক কিনা তাহা পরীক্ষা করার পরে সেই পরীক্ষার ফল যথারীতি সরবরাহকারীকে লিপিবদ্ধ করিতে হইবে।

(চ) কেবলমাত্র মালিক ও পরিদর্শকের সম্মতি ছাড়া কোন ব্যক্তি নিজের সম্পত্তি নহে এইরূপ জলবাহী নলের সাহায্যে মাটির সহিত সংযোগ করিতে বা ঐ নলের সহিত সংযোগের কোনও সংস্পর্শ রাখিতে পারিবে না।

(ছ) পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের যে-সকল সরবরাহ ব্যবস্থা পূর্বোক্ত উপায়ে মাটির সহিত যুক্ত হইয়াছে, তাহাদের বৈদ্যুতিকভাবে পরস্পর যুক্ত করা যাইতে পারে :

এই শর্তে যে, মাটির সহিত প্রতিটি সংযোগ যেন সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইনগুলির ধাতুর খোল ও ধাতব আচ্ছাদনের (যদি থাকে) সহিত সংযুক্ত থাকে।

(২) প্রতিটি জেনারেটার, একই জায়গায় অবস্থিত মোটর, এবং যতটা সম্ভব বহন-যোগ্য মোটরের কাঠামো, এবং সকল ট্রান্সফরমার ও বিদ্যুৎ পরিচালন বা নিয়ন্ত্রণের জন্য ব্যবহৃত অন্য কোন যন্ত্র এবং মাঝারি তড়িৎ-চাপে ব্যবহারের উপযোগী সকল যন্ত্রপাতির ধাতব অংশ (যাহা পরিবাহী হিসাবে ব্যবহৃত হইবে না) দুইটি পৃথক ও স্বতন্ত্র সংযোগ দ্বারা মালিক কর্তৃক মাটির সহিত যুক্ত হইবে।

(৩) কোনও বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইন বা যন্ত্রপাতি ধারণ বা রক্ষা করার জন্য ব্যবহৃত সকল ধাতব আচ্ছাদন বা আবরণকে মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে, এবং সেইগুলি এমনভাবে সকল সংযোগ বাক্সে বা অনুরূপ উন্মুক্ত প্রান্তে জুড়িয়া দিতে এবং সংযুক্ত করিতে হইবে যাহাতে তাহাদের সমগ্র দৈর্ঘ্যের ভিতর ভালভাবে যান্ত্রিক ও বৈদ্যুতিক সংযোগ হয় :

এই শর্তে যে, যেখানে নিম্ন তড়িৎ-চাপে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়, সেখানে বিচ্ছিন্ন দেওয়াল-নল, ব্র্যাকেট, বিজলিবাতির গুচ্ছ, সুইচ, সীলিং-পাখা বা অন্যান্য সরঞ্জামের (বহনযোগ্য হাত-বাতি এবং বহন ও পরিবহণ যোগ্য যন্ত্রপাতি ছাড়া)

ক্ষেত্রে উহাদের গায়ে মাটির সহিত সংযোগের প্রান্ত রাখা না থাকিলে এই উপনিয়ম প্রযোজ্য হইবে না :

আরও এই শর্তে যে, যেখানে নিম্ন তড়িৎ-চাপে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় এবং যেখানে বৈদ্যুতিক স্থাপনা সম্পূর্ণ নূতন বা নবরূপ প্রাপ্ত, সেখানে সমস্ত প্লাগ-সকেট তিনটি পিন সমন্বিত হইবে এবং তৃতীয় পিনটি স্থায়ী ও উপযুক্ত ভাবে মাটির সহিত যুক্ত থাকিবে।

নূতন বৈদ্যুতিক স্থাপনার ক্ষেত্রে এই উপনিয়ম অবিলম্বে প্রযোজ্য হইবে, এবং বর্তমান স্থাপনার ক্ষেত্রে এই উপনিয়মের বিধানগুলি ঐ সকল নিয়ম শুরু হওয়ার পরে দুই বৎসর অতিক্রান্ত হওয়ার পূর্বেই প্রতিপালিত হইবে।

(৪) মাটির সহিত সংযোগ-ব্যবস্থা উপযুক্ত কর্মক্ষমতা সম্পন্ন কিনা সেই সম্বন্ধে নিশ্চয়তার জন্য বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন বা যন্ত্রপাতিতে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের পূর্বে মাটির সহিত সকল সংযোগ ব্যবস্থার বৈদ্যুতিক রোধ পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে।

(৫) উপরন্তু, সরবরাহকারীর মাটির সহিত সকল সংযোগ ব্যবস্থার রোধ শুষ্ক ঋতুতে শুষ্ক দিনে প্রতি দুই বৎসর অন্তর কমপক্ষে একবার করিয়া পরীক্ষা করিতে হইবে।

(৬) পরীক্ষার দিন হইতে অন্যূন দুই বৎসর পর্যন্ত সরবরাহকারীকে মাটির সহিত প্রতিটি সংযোগ পরীক্ষার রেকর্ড ও তাহার ফলাফল রক্ষা করিতে হইবে, এবং যখন প্রয়োজন হইবে তখন তাহা পরিদর্শক বা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত ও গেজেটেড্ পদমর্যাদা সম্পন্ন কো'ন কর্মচারীর নিকট পেশ করিতে হইবে।

62. **Systems at medium voltage.**—Where a medium voltage supply system is employed, the voltage between earth and any conductor forming part of the same system shall not, under normal conditions, exceed low voltage.

৬২। **মাঝারি তড়িৎ-চাপের সরবরাহ ব্যবস্থাসমূহ**।—যেখানে মাঝারি তড়িৎ-চাপের সরবরাহ ব্যবস্থা ব্যবহৃত হয়, সেখানে মাটির সহিত সংযোগ আর ঐ ব্যবস্থার যে-কোন অংশের পরিবাহীর মধ্যেকার তড়িৎ-চাপ, সাধারণ অবস্থায়, নিম্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা বেশী হইবে না।

মৌখিক পরীক্ষার প্রশ্নাবলী
ও
তাহাদের সংক্ষিপ্ত উত্তর

১নং প্রশ্ন। সাধারণতঃ কি কি কাজে ডি. সি. মোটর ব্যবহৃত হয় ?

উত্তর। রেলওয়ে, ট্রাম, ট্রলিবাস, লিফ্‌ট, কাগজ তৈরীর মেসিন, ইস্পাত তৈরীর কারখানার কোন কোন মেশিন প্রভৃতি পরিচালনার কাজে সাধারণতঃ ডি. সি. মোটর ব্যবহৃত হয়।

২নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটর ব্যবহারে কি কি সুবিধা পাওয়া যায় ?

উত্তর। চালু করিবার সময় ডি. সি. মোটর খুব বেশী পরিমাণ ঘূর্ণক (torque) উৎপন্ন করিতে পারে, তাই পূর্ণ লোডসহ এই মোটর চালু করা যায়। নির্দিষ্ট গতিবেগ অপেক্ষা অনেক কম বা অনেক বেশী গতিবেগ পর্যন্ত মোটরের আবর্তনকে ধীরে ধীরে কমানো বা বাড়ানো চলে, আর প্রয়োজনমত আবর্তনের অভিমুখ সহজেই বিপরীত করা যাইতে পারে।

৩নং প্রশ্ন। সাধারণতঃ ডি. সি. জেনারেটার কত ভোল্ট উৎপন্ন করে এবং উহাদের গতিবেগ কত হয় ?

উত্তর। ডি. সি. জেনারেটারের সাহায্যে গৃহস্থালীর কাজ ও কলকারখানার জন্য ৬ ভোল্ট হইতে ৪৫০ ভোল্ট পর্যন্ত, আর রেলওয়ে, ট্রাম, ট্রলিবাস প্রভৃতি পরিচালনার জন্য ৬০০ ভোল্ট হইতে ৭৫০ ভোল্ট পর্যন্ত উৎপন্ন করা হয়।

ছোট ছোট জেনারেটার মিনিটে ৩০০ হইতে ১৮০০ পাক পর্যন্ত ঘোরে। উহাদের সাধারণতঃ বেল্ট (belt)-এর সাহায্যে প্রাইম মুভারের সহিত যুক্ত করা হয়। আর তৈল অথবা বাষ্প চালিত ইঞ্জিনের সাহায্যে যে-সকল বড় জেনারেটার পরিচালিত হয়, উহাদের গতিবেগ সাধারণতঃ প্রতি মিনিটে ২৫০ পাক হইয়া থাকে।

৪নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটার ও মোটরের প্রধান অংশগুলির নাম বল।

উত্তর। একটি ডি. সি. জেনারেটার বা একটি ডি. সি. মোটর বাহিরের কাঠামো বা ইয়োক্‌, ফীল্ড-পোল, পোল-শু, ফীল্ড-কয়েল, আর্মেচার-কোর, আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিং, কম্যুটেটার, ব্রাশ, ব্রাশ-হোল্ডার, বেয়ারিং, শাফ্‌ট প্রভৃতি লইয়া গঠিত।

৫নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরকে জেনারেটার হিসাবে পরিচালনা করা সম্ভব কি ?

উত্তর। ডি. সি. মোটরকে প্রাইম মুভারের সাহায্যে ঘুরাইলেই উহা জেনারেটার হিসাবে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদন করিতে আরম্ভ করে। তবে জেনারেটার হিসাবে ব্যবহারের পূর্বে উহার সংযোগ আর ব্রাশের স্থান পরিবর্তন করা প্রয়োজন হয়।

৬নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটার বা মোটরকে সাধারণভাবে যত উত্তাপে পরিচালনা করা হয়, তাহা অপেক্ষা বেশী উত্তাপে চালানো সম্ভব কি ? কি কারণে অধিক উত্তাপ সৃষ্টি হয় ?

উত্তর। ডি. সি. জেনারেটার বা মোটর সর্বোচ্চ যত উত্তাপে ব্যবহার করা যায়, তাহা ঐ মেসিনের কয়েলের জন্ত ব্যবহৃত অন্তরণের গুণের উপর নির্ভর করে। সাধারণ শ্রেণীর অন্তরণ (common insulation), যথা— সিল্ক, কার্পাস, কাগজ ইত্যাদি ব্যবহার করিলে উত্তাপ ১০০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড (বৃদ্ধি ৬০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড) পর্যন্ত রাখা চলে। যেখানে অভ্র, অ্যাস্‌বেস্টস্‌ প্রভৃতি অন্তরণ ব্যবহার করা হয়, সেখানে ১২৫ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড (বৃদ্ধি ৮৫ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড) পর্যন্ত উত্তাপে মেসিন পরিচালনা করা সম্ভব। যে-সকল মেসিন চব্বিশ-ঘণ্টা অনবরত চলে, তাহাদের ক্ষেত্রে প্রস্তুতকারক-গণ ৩৫ ডিগ্রী বা ৪০ ডিগ্রী বা ৫০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের বেশী উত্তাপ বৃদ্ধি অনুমোদন করেন না।

আর্মেচার-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার জন্তই মেসিনে উত্তাপ সৃষ্টি হয়। যদি অন্ত কোন দোষ না থাকে, তবে অতিরিক্ত লোডসহ চলার জন্তই মেসিন অধিক পরিমাণে উত্তপ্ত হইয়া ওঠে।

৭নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটারে ফীল্ড-পোল ব্যবহার করা হয় কেন? ঐ পোলগুলি পাতলা পাতলা ইস্পাতের পাত দিয়া কেন তৈরী হয়?

উত্তর। ফীল্ড-পোল শক্তিশালী চুম্বক তৈরী করে এবং আর্মেচারের পরিবাহী এই চুম্বকের দ্বারা উৎপন্ন বলরেখাসমূহ কর্তন করে বলিয়া আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিংয়ে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়।

আর্মেচার-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার সময় আর্মেচার-কোর তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হইয়া চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে। আর্মেচার যখন ঘুরিতে থাকে, তখন এই সকল বলরেখা ফীল্ড-পোলের অগ্রভাগ কর্তন করে; ফলে পোল-শূ ও অন্যান্য অংশে এক আবর্ত প্রবাহের সৃষ্টি হয় (এই পুস্তকের ১৭ ও ১৮ পৃষ্ঠা দেখ)। ফীল্ড-পোল ইন্‌সুলেট্‌ করা পাতলা পাতলা ইস্পাতের পাত দিয়া তৈরী করিলে আবর্ত প্রবাহের পরিমাণ কম থাকে, আর পোল-শূতে বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয়ও খুব কম হয়।

৮নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটারে কম্যুটেটারের প্রয়োজনীয়তা কি?

উত্তর। ডি. সি. জেনারেটারের আর্মেচার-কয়েলে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন করে। এই পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহকে অনুবর্তী তড়িৎ-প্রবাহরূপে বাহিরের বর্তনীতে প্রেরণ করিবার জন্তই কম্যুটেটার ও ব্রাশের প্রয়োজন হয়।

৯নং প্রশ্ন। ভাল ব্রাশ-হোল্ডারের কি কি গুণ থাকা প্রয়োজন?

উত্তর। (১) ব্রাশ-হোল্ডার ও ব্রাশের ভিতর স্ফুলিঙ্গ (spark) দেখা দিবে না বা বেশী তাপ উৎপন্ন হইবে না।

(২) কম্যুটেটারের সহিত ব্রাশের সংযোগ যেন ঠিকমত হয়।

(৩) কম্যুটেটারের উপরিভাগ যেমন বাঁকা, ব্রাশকেও যেন সেইমত উপযুক্ত কোণ উৎপন্ন করিয়া ব্রাশ-হোল্ডার ঠিক জায়গায় ধরিয়া রাখিতে পারে।

(৪) ব্রাশ-হোল্ডারের আকৃতি এমন হওয়া চাই যাহাতে ব্রাশ সহজেই তাহার ভিতর যাতায়াত করিতে পারে।

১০নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটারের তড়িৎ-চাপ কোন্ তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভরশীল ?

উত্তর। (১) চুম্বক ক্ষেত্রের বলরেখা, (২) আর্মেচারের গতিবেগ, আর (৩) আর্মেচারের পরিবাহীর সংখ্যা।

১১নং প্রশ্ন। সেলফ্-এক্সাইটেড জেনারেটার ও সেপ্যারেট্‌লি-এক্সাইটেড জেনারেটারের মধ্যে পার্থক্য বুঝাইয়া দাও।

উত্তর। যে-জেনারেটারের আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহের সমগ্র অথবা কিছু অংশ উহার নিজের ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হয়, তাহাকে সেলফ্-এক্সাইটেড জেনারেটার বলে, আর যে জেনারেটারের ফীল্ড-কয়েল দিয়া বাহিরের অন্য কোন স্থান হইতে অনুবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ পাঠানো হয়, তাহাকে বলে সেপ্যারেট্‌লি-এক্সাইটেড জেনারেটাব।

১২নং প্রশ্ন। কিভাবে ডি. সি. জেনারেটারের ভোল্টেজ পরিবর্তন (কম-বেশী) করা যায় ?

উত্তর। ডি সি. জেনারেটারের ফীল্ড-সারকিটে একটি পরিবর্তনশীল রোধক সংযুক্ত করা থাকে। এই রোধক ফীল্ড-রেগুলেটার নামে পরিচিত। সাধারণতঃ এই রেগুলেটারের রোধ কম-বেশী করিয়া, অর্থাৎ ফীল্ডের কারেন্ট পরিবর্তন করিয়া, জেনারেটারের ভোল্টেজ পরিবর্তন করা হয়।

১৩নং প্রশ্ন। সেলফ্-এক্সাইটেড জেনারেটার কিভাবে ভোল্টেজ উৎপাদন করে ? কি কি কারণে এই জেনারেটার ভোল্টেজ উৎপাদন করিতে অক্ষম হয় ?

উত্তর। সেলফ্-এক্সাইটেড জেনারেটার উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরিতে আরম্ভ করা মাত্র আর্মেচারের পরিবাহীসমূহ অবশেষ চুম্বকত্বের (residual magnetism) দরুন ফীল্ড সারকিটে যে অল্পসংখ্যক চুম্বক বলরেখা থাকিয়া যায়, তাহাদের ছেদ করে; ফলে আর্মেচারে খুব অল্প পরিমাণ তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। এই তড়িৎ-চাপ ফীল্ড দিয়া কিছু কারেন্ট পাঠায়, আর ইহাতে চুম্বক বলরেখা ও সেই সঙ্গে তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পায়। প্রতিবার ফীল্ড-কয়েল দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহা আর্মেচারের তড়িৎ-চাপকে বৃদ্ধি করে, পরিবর্তে সেই বর্ধিত তড়িৎ-চাপ ফীল্ড-সারকিটে পূর্বাপেক্ষা বেশী কারেন্ট সরবরাহ করে। এইভাবে জেনারেটারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ ধাপে ধাপে বৃদ্ধি পাইতে থাকে এবং অবশেষে আর্মেচারে পুরা ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় (১০৮ ও ১০৯ পৃষ্ঠা দেখ)।

সেলফ্-এক্সাইটেড জেনারেটার ভোল্টেজ উৎপাদন করিতে অক্ষম হয় নিম্নলিখিত কারণে—

(১) জেনারেটার অনেকদিন অব্যবহৃত থাকায় ফীল্ড-সারকিটের অবশেষ-চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া গেলে ;

(২) আর্মেচারের গতিবেগ খুব কম হইলে ;
(৩) কম্যুটেটারের সহিত ব্রাশের সংযোগ ঠিকমত না থাকিলে ;
(৪) জেনারেটারে খুব বেশী পরিমাণে অতিরিক্ত লোড পড়িলে ;
(৫) ফীল্ড-সারকিট খুলিয়া গেলে কিংবা উহার রোধ খুব বেশী হইলে।

১৪নং প্রশ্ন। আর্মেচার রিয়্যাক্‌শন বা আর্মেচার-চুম্বকত্বের প্রতিক্রিয়া কাহাকে বলে ?

উত্তর। একটি ডি. সি. মেসিন যতক্ষণ চলে, ততক্ষণ উহার আর্মেচার-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। ইহাতে আর্মেচার একটি তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হয় এবং নিজস্ব একটি চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করে (৬৭ পৃষ্ঠা দেখ)। আর্মেচার-কয়েল দিয়া যত বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয়, আর্মেচার-কোর তত বেশী চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করিতে থাকে। এই বলরেখা ফীল্ডের চুম্বক বলরেখার কিছু অংশ নষ্ট করিয়া দেয়, আর ফীল্ড-সারকিটের সমবেত বলরেখার অভিমুখ পরিবর্তন করে। ফীল্ডের চুম্বক-ক্ষেত্রের উপর আর্মেচারের চুম্বক-ক্ষেত্রের এই প্রভাবকেই ইংরাজিতে 'আর্মেচার রিয়্যাক্‌শন' বা বাংলায় 'আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া' বলে।

১৫নং প্রশ্ন। ফীল্ডের সংযোগ অনুযায়ী তিন প্রকার জেনারেটারের নাম বল। বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে সাধারণতঃ কোন্ শ্রেণীর জেনারেটার ব্যবহার করা হয় ?

উত্তর। ফীল্ডের সংযোগ অনুযায়ী সাণ্ট, সিরিজ ও কম্পাউণ্ড—এই তিন শ্রেণীর জেনারেটার দেখিতে পাওয়া যায়। বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে সাধারণতঃ কম্পাউণ্ড জেনারেটার ব্যবহার করা হয়। দূরবর্তী লোড-সারকিটের জন্য 'ওভার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার' আর নিকটবর্তী লোড-সারকিটের জন্য 'ফ্ল্যাট কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার' ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

১৬নং প্রশ্ন। লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে সাণ্ট জেনারেটারের ভোল্টেজ কিভাবে পরিবর্তিত হয় ? ভোল্টেজের এই পরিবর্তন ভাল না খারাপ ?

উত্তর। লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে সাণ্ট জেনারেটারের ভোল্টেজ কমিতে আরম্ভ করে। লোড যদি হঠাৎ বাড়ে, ভোল্টেজ সঙ্গে সঙ্গে কমিয়া যায় ; আবার হঠাৎ সম্পূর্ণ লোড অপসারিত হইলে ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায়। ভোল্টেজের এই পরিবর্তন অসুবিধাজনক এবং ইহার ফলাফল খারাপ।

১৭নং প্রশ্ন। 'ফ্ল্যাট' অথবা 'লেভেল কম্পাউণ্ডেড' জেনারেটার ও 'ওভার কম্পাউণ্ডেড' জেনারেটারের মধ্যে পার্থক্য কি ?

উত্তর। সিরিজ ফীল্ডের সাহায্যে পূরা লোডে যখন কোন কম্পাউণ্ড জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ উহার লোডশূন্য অবস্থায় উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের সমান থাকে, তখন সেই মেসিনকে 'ফ্ল্যাট কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার' বলা হয়।

যখন পূরা লোডে কোন জেনারেটারের প্রান্তিক চাপ উহার লোডশূন্য অবস্থায় উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা অধিক হয়, তখন সেই মেসিনকে 'ওভার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটার' বলে।

১৮নং প্রশ্ন। একটি বড় জেনারেটারের পরিবর্তে অপেক্ষাকৃত ছোট ছোট কয়েকটি জেনারেটার একত্রে প্যার‍্যালেলে পরিচালনা করার সুবিধা কি?

উত্তর। (এই প্রশ্নের উত্তর ১৯১ ও ১৯২ পৃষ্ঠায় দেখ।)

১৯নং প্রশ্ন। একাধিক জেনারেটার প্যার‍্যালেলে পরিচালনা করিতে হইলে তাহাদের মধ্যে কি কি সমতা থাকা উচিত?

উত্তর। (১) প্রত্যেক মেসিনের প্রান্তিক চাপ (terminal voltage) সমান হইবে।

(২) একই বাস-বারের সহিত সংযুক্ত প্রান্তগুলির 'পোলারিটি' একই হইবে।

(৩) প্রত্যেক মেসিনের 'কম্পাউণ্ডিং এফেক্ট' (compounding effect) সমান হইবে।

(৪) প্রত্যেক মেসিনের সিরিজ ফীল্ডের রোধ উহার ক্ষমতার বিপরীত অনুপাতি হওয়া চাই, অর্থাৎ যে মেসিনের ক্ষমতা যত বেশী, উহার সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সও তত কম হওয়া দরকার।

২০নং প্রশ্ন। একাধিক কম্পাউণ্ড জেনারেটার প্যার‍্যালেলে ব্যবহার করিতে হইলে 'ঈকোয়্যালাইজার' সংযোগের প্রয়োজন হয় কেন?

উত্তর। একাধিক কম্পাউণ্ড জেনারেটার যখন প্যার‍্যালেলে চলে, তখন কোন কারণে একটি জেনারেটার অধিক পরিমাণ লোড লইতে আরম্ভ করিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই সমস্ত লোড ঐ জেনারেটারের ঘাড়ে আসিয়া পড়ে, আর অন্যান্য জেনারেটাব হইতে লোড আপনা আপনি সরিয়া যায় (১৯৭ পৃষ্ঠা দেখ)। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য প্রত্যেক মেসিনের সিরিজ ফীল্ডের যে প্রান্ত আর্মেচারের সহিত যুক্ত থাকে, সেই প্রান্ত একটি অতিরিক্ত বাস-বারের সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। এই বাস-বারকেই ইংরাজিতে 'ঈকোয়্যালাইজ়ার' বা 'ঈকোয়্যালাইজিং বাস-বার' বলে। এইরূপ সংযোগের ফলে প্রত্যেকটি জেনারেটার চালু অবস্থায় উহাদের লোড ঠিকমত ভাগ করিয়া লইতে পারে।

২১নং প্রশ্ন। কি কি উপায়ে ডি. সি. তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থা পাওয়া যায়?

উত্তর। (১) দুইটি আলাদা জেনারেটারকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া তিন-তারের লাইনে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া চলে (৪৪৯ পৃষ্ঠায় দেখ)।

(২) লাইনের সরবরাহ প্রান্তে জেনারেটারের দুই টার্মিন্যালের মধ্যে স্টোরেজ ব্যাটারি সংযুক্ত করিয়া নিউট্রাল লাইন বাহির করা চলে (৪৫০ পৃষ্ঠায় দেখ)।

(৩) জেনারেটারের সহিত ব্যাল্যান্সার সেট ব্যবহার করিয়া নিউট্রাল লাইন বাহির করাই প্রচলিত নিয়ম (৪৫০ ও ৪৫১ পৃষ্ঠায় দেখ)। একটি ৪৫০-ভোল্ট জেনা-রেটারের জন্য দুইটি ২২৫-ভোল্টের ডাইনামো প্রয়োজন। মেসিন দুইটি একই বেড্-প্লেটের উপর অবস্থিত এবং উহাদের সাণ্ট ফীল্ড পরস্পরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে। যে

বিন্দুতে উভয় মেসিনের আর্মেচার একত্রে সংযুক্ত হয়, সেই বিন্দু হইতে নিউট্রাল লাইন বাহির হইয়া আসে।

(৪) নিউট্রাল তার বাহির করিবার জন্ম বিশেষ ধরনের তিন-তার ওয়ালা জেনারেটার ব্যবহার করাও বহুল প্রচলিত নিয়মগুলির অন্যতম। এই জেনারেটারে স্লিপ-রিং থাকে, আর সেই স্লিপ-রিংয়ের সহিত সংযুক্ত করা হয় একটি চোকিং কয়েল। কয়েলের কেন্দ্র হইতে নিউট্রাল তার বাহির হয় (৪৫৬ ও ৪৫৭ পৃষ্ঠা দেখ)।

২২ নং প্রশ্ন। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে সমান লোড থাকিলে (balanced three-wire system) নিউট্রালে কারেণ্ট থাকে কি ?

উত্তর। থাকে না।

২৩ নং প্রশ্ন। যদি তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল তারটি কাটিয়া যায়, তাহা হইলে সরবরাহ ব্যবস্থায় কি ঘটিবে ?

উত্তর। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় সাধারণতঃ নিউট্রাল ও পজিটিভ, নিউট্রাল ও নেগেটিভ এবং পজিটিভ ও নেগেটিভের মধ্যে লোড সংযুক্ত থাকে। যদি নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে লোড সমান থাকে, তবে নিউট্রাল তার কাটিয়া গেলেও কোন অসুবিধা হইবে না। কিন্তু লোড যদি সমান না থাকে, তবে লাইভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে ভোল্টেজ কম-বেশী হইবে। নিউট্রালের যে পার্শ্বে বেশী লোড থাকিবে, সেই দিকের ভোল্টেজ কমিয়া যাইবে, আর অন্য পার্শ্বে লোড কম হওয়ার জন্য ভোল্টেজ বৃদ্ধি পাইবে। কিন্তু পজিটিভ ও নেগেটিভ লাইনের মধ্যবর্তী ভোল্টেজের কোন পরিবর্তন ঘটিবে না।

২৪ নং প্রশ্ন। আর্মেচারের কয়েল যখন 'নিউট্রাল প্লেন'-এ উপস্থিত হয়, তখন কম্যুটেশন হয় কেন ?

উত্তর। 'নিউট্রাল প্লেন'-এ অবস্থানের সময় আর্মেচারের কয়েলে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় না। ফলে কম্যুটেশনের সময় যখন কয়েলে সর্ট-সারকিট ঘটে, তখন কয়েল নিউট্রাল প্লেনে অবস্থান করিলে অগ্নি-স্ফুলিঙ্গ দেখা দেয় না। কয়েল অন্যস্থানে থাকিলে স্ফুলিঙ্গ দেখা দেয়।

২৫ নং প্রশ্ন। যখন জেনারেটারের লোড বৃদ্ধি পায়, তখন 'নিউট্রাল প্লেন'-এর কি অবস্থা হয় ?

উত্তর। লোড বৃদ্ধি পাইলে জেনারেটারের আর্মেচার যে দিকে ঘোরে, সেই দিকে নিউট্রাল প্লেন সরিয়া যায়।

২৬ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মেসিনে ইণ্টারপোল ব্যবহার করা হয় কেন ?

উত্তর। ইণ্টারপোল ব্যবহার করিলে লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে নিউট্রাল প্লেনের অবস্থানের কোন-পরিবর্তন ঘটে না, আর কম্যুটেশনের সময় আর্মেচার-কয়েলে

আবিষ্ট প্রতিকরণ চাপ বা রিয়্যাক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ প্রশমিত হয় ; ফলে কম্যুটেটারে আর আগুন দেখা দেয় না (৮০ পৃষ্ঠা দেখ)।

২৭ নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটার ও ডি. সি. মোটরের ক্ষেত্রে প্রধান পোলের মেরুত্বের সহিত ইণ্টারপোলের মেরুত্বের কি প্রকার সম্বন্ধ থাকে ?

উত্তর। (৮১ পৃষ্ঠায় ৩৩নং চিত্র ও ৮২ পৃষ্ঠায় underlined করা অংশ দেখ)।

২৮ নং প্রশ্ন। কিভাবে ইণ্টারপোলের শক্তির পরিবর্তন ঘটে ?

উত্তর। ইণ্টারপোলের কয়েল আর্মেচারের সহিত সিরিজে যুক্ত থাকে। সুতরাং লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে ইণ্টারপোলের শক্তি পরিবর্তিত হয়।

২৯ নং প্রশ্ন। যখন লোড বৃদ্ধি পায়, তখন জেনারেটারের ব্রাশগুলি কোন্ দিকে ঘুরাইয়া দিতে হয় ?

উত্তর। মেসিনে ইণ্টারপোল না থাকিলে লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে জেনারেটারের আর্মেচার যে দিকে ঘোরে, সেই দিকে নিউট্রাল প্লেন সরিয়া যায়। কম্যুটেশনের সময় যাহাতে স্ফুলিঙ্গ দেখা না দেয়, সেইজন্য ব্রাশকে নিউট্রাল প্লেনের উপর বসাইবার প্রয়োজন হয় বলিয়া তখন আর্মেচারের গতিমুখের দিকে ব্রাশকে সরাইয়া দিতে হয় (৬৯ পৃষ্ঠা দেখ)।

৩০ নং প্রশ্ন। কি কি প্রকার সুইচ বোর্ড সাধারণতঃ ব্যবহার করা হয় ?

উত্তর। সাধারণতঃ দুই প্রকার সুইচ বোর্ড ব্যবহার করা হইয়া থাকে—

(১) **প্যানেল বোর্ড।** ইহাতে খাড়া প্যানেল থাকে এবং সেই প্যানেলের সম্মুখভাগে থাকে সুইচ গীয়ার, মিটারসমূহ, ফিউজ ইত্যাদি। প্যানেলের পশ্চাদ্‌দিকে বাস-বার ও নানাপ্রকার সংযোগের তার রাখা হয়।

(২) **বেঞ্চ বোর্ড অথবা ডেস্ক বোর্ড।** ইহার সম্মুখ দিক ঢালু এবং পশ্চাদ্‌দিকে খাড়া প্যানেল থাকে, আর সেই প্যানেলে নানাপ্রকার যন্ত্রপাতি বসানো থাকে।

৩১ নং প্রশ্ন। সুইচ বোর্ড প্যানেল তৈরী করিতে কোন্ জিনিষ ব্যবহার করা হয় ?

উত্তর। (১) স্লেট, (২) মার্বেল (৩) অ্যাস্‌বেস্‌টস, (৪) ইস্পাতের চাদর, ইত্যাদি।

৩২ নং প্রশ্ন। সারকিট-ব্রেকার ব্যবহার করা হয় কেন ?

উত্তর। যখন বর্তনীতে অত্যধিক লোড সংযোগ করা হয় কিংবা কোথায়ও সর্ট-সারকিট দেখা দেয়, তখন সারকিট-ব্রেকার আপনা হইতেই সক্রিয় হইয়া ওঠে এবং মেসিনের সহিত সরবরাহ লাইনের সংযোগ কাটিয়া দেয়। সারকিট-ব্রেকার ফিউজের কাজও সমাধা করে।

৩৩ নং প্রশ্ন। সারকিট-ব্রেকারে নিম্নলিখিত জিনিষগুলির প্রয়োজন হয় কেন ?—

(১) **ওভার-লোড ট্রিপ কয়েল।**

(২) রিভার্স কারেণ্ট রিলে।
(৩) আর্কিং কন্‌ট্যাক্ট।

উত্তর। (১) ওভার-লোড কয়েল সাধারণতঃ লাইনের সহিত সিরিজে লাগানো থাকে, আর লাইনের কারেণ্ট এই কয়েল দিয়া প্রবাহিত হয়। যখন কারেণ্ট এত বেশী হয় যে তাহা মেসিনের পক্ষে ক্ষতিকারক হইয়া ওঠে, তখন কয়েলে উৎপন্ন চুম্বকত্ব প্রখর হইয়া প্লাঞ্জারকে ভিতরে টানিয়া লয়। ইহাতে প্লাঞ্জার সারকিট-ব্রেকারের ট্রিগারে সজোরে আঘাত করে, আর সেই সঙ্গে মেসিনের সহিত লাইনের সংযোগ খুলিয়া যায়। ফলে লাইন দিয়া কারেণ্ট যাওয়া বন্ধ হয় (১৮৫ পৃষ্ঠা দেখ)।

(২) যখন জেনারেটারের চুম্বকের মেরুত্ব (polarity) পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ উত্তর মেরু দক্ষিণ মেরু হিসাবে আর দক্ষিণ মেরু উত্তর হিসাবে কাজ করিতে সুরু করে, অথবা যখন তড়িৎ-প্রবাহের দিক-পরিবর্তন ঘটে, তখন রিভার্স কারেণ্ট রিলে সক্রিয় হইয়া ওঠে এবং সরবরাহ লাইনের সহিত মেসিনের সংযোগ খুলিয়া দেয়।

(৩) আর্কিং কন্‌ট্যাক্টের অগ্রভাগ সাধারণতঃ কার্বন দ্বারা তৈরী হয় এবং উহা প্রধান কন্‌ট্যাক্টের উপরে লাগানো থাকে। কার্বনের অগ্রভাগ প্রয়োজনমত বদল করা চলে। লোড-সারকিটের সুইচ খুলিবার সময় প্রথমে লাইনের সহিত প্রধান কন্‌ট্যাক্টের সংযোগ খোলে, পরে আর্কিং কন্‌ট্যাক্ট খুলিয়া যায়। ইহাতে সারকিট-ব্রেকার খুলিবার সময় বৈদ্যুতিক আর্কের দরুন কেবলমাত্র কার্বনের টুকরাতেই আগুন দেখা দেয়, প্রধান কন্‌ট্যাক্টে আগুন দেয় না। আর্কিং কন্‌ট্যাক্টকে অক্সিলিয়্যারি কন্‌ট্যাক্টও বলা হয় (১৮৬ পৃষ্ঠা দেখ)।

৩৪ নং প্রশ্ন। একটি সুইচ বোর্ড স্থাপন করিতে হইলে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী কি কি নিয়ম পালন করিতে হইবে ?

উত্তর। (৫৪১ পৃষ্ঠায়) ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫১নং নিয়ম দেখ।

৩৫ নং প্রশ্ন। (১) বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে একটি জেনারেটার চালু আছে। লোড বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য এখন দ্বিতীয় আর একটি জেনারেটার চালু করিয়া প্রথমটির সহিত প্যারালেলে সংযুক্ত করিতে হইবে। কিভাবে তুমি দ্বিতীয় জেনারেটারটি প্রথমটির সহিত প্যারালেলে সংযুক্ত করিয়া উহাতে লোড দিবে ?

(২) বৈদ্যুতিক শক্তির চাহিদা কমিয়া গেলে (অর্থাৎ লোডের পরিমাণ হ্রাস পাইলে) প্যারালেলে পরিচালিত একাধিক জেনারেটারের মধ্যে কোন একটিকে বন্ধ করিবার সময় কোন্ পদ্ধতি অবলম্বন করিবে ?

উত্তর। (১) (১১৪ ও ১১৫ পৃষ্ঠা দেখ)।
(২) (১১৬ পৃষ্ঠা দেখ)।

৩৬ নং প্রশ্ন। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী জেনারেটারের নিউট্রাল কিভাবে মাটির (earth) সহিত সংযুক্ত করিবে ?

উত্তর। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৬১ (১) নং নিয়মের (গ) ও (ঘ) (৵০), (৶০), (৷৵০) অংশ (৫৫৫ ও ৫৫৬ পৃষ্ঠায়) দেখ।

৩৭ নং প্রশ্ন। (১) নিউট্রাল মাটির সহিত যুক্ত করিলে উহাতে অ্যাম্মিটার লাগানো হয় কেন ?

(২) কোন্ ধরনের অ্যাম্মিটার এই কাজে ব্যবহার করা হয় ?

উত্তর। (১) ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৬১(১) নং নিয়মের ঘ (/০) অংশ (৫৫৫ পৃষ্ঠায়) দেখ।

(২) এই কাজে সাধারণতঃ মিলিঅ্যাম্মিটার ব্যবহার করা হয়।

৩৮ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ কি কি বিষয়ের উপর নির্ভরশীল ?

উত্তর। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ টার্মিন্যাল ভোল্টেজ, আর্মেচার-কারেন্ট ও ফীল্ড-কারেন্টের উপর নির্ভরশীল।

৩৯ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরের স্পীড্ কন্ট্রোল (speed control) ও স্পীড্ রেগুলেশনের (speed regulation) মধ্যে তফাৎ কি ?

উত্তর। হস্তদ্বারা চালিত বা স্বয়ংক্রিয় কোন যন্ত্রের সাহায্যে যখন মোটরের গতিবেগ কম বেশী করা হয়, তখন তাহাকে মোটরের স্পীড্ কন্ট্রোল বলে।

লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে মোটরের গতিবেগ পরিবর্তিত হয়। লোড যত বৃদ্ধি পায়, মোটরের গতিবেগ ততই কমিতে আরম্ভ করে। পূরা লোড দেওয়ার পরে মোটরের গতিবেগ লোডশূন্য অবস্থার গতিবেগ অপেক্ষা যতটা কম হয়, তাহাকে মোটরের স্পীড্ রেগুলেশন বলে। স্পীড্ রেগুলেশন সাধারণতঃ শতকরা হিসাবেই প্রকাশ করা হয়।

স্পীড্ রেগুলেশন

$$= \frac{(\text{লোডশূন্য অবস্থায় মোটরের গতিবেগ}) - (\text{পূরা লোডে মোটরের গতিবেগ})}{\text{লোডশূন্য অবস্থায় মোটরের গতিবেগ}} \times ১০০\% ।$$

৪০ নং প্রশ্ন। সাণ্ট মোটরের ফীল্ড উহার আর্মেচারের সহিত কিভাবে যুক্ত থাকে ?

উত্তর। প্যারাল্যালে যুক্ত থাকে।

৪১ নং প্রশ্ন। লোডশূন্য অবস্থায় সিরিজ মোটর চালানো সম্ভব কি ? লোডশূন্য অবস্থায় চালু থাকিলে কি বিপদ ঘটিতে পারে ?

উত্তর। লোডশূন্য অবস্থায় সিরিজ মোটর চালানো উচিত নহে। এই অবস্থায় মোটরের গতিবেগ বিপজ্জনকভাবে বৃদ্ধি পায় (২৫৮ পৃষ্ঠা দেখ)।

৪২ নং প্রশ্ন। (ক) শীয়ারিং মেসিন (shears), (খ) লেদ মেসিন (lathes) ও (গ) ক্রেন পরিচালনা করিতে কোন্ শ্রেণীর মোটর ব্যবহার করিবে এবং কেন করিবে ?

উত্তর। (ক) কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করিতে হইবে, কারণ এই মোটরের স্পীড্ রেগুলেশন উন্নতমানের (৪৩৩ পৃষ্ঠা দেখ)।

(খ) সাণ্ট মোটর ব্যবহার করিতে হইবে, কারণ এই মোটরের গতিবেগ প্রায় অপরিবর্তিত থাকে (৪৩৩ পৃষ্ঠা দেখ)।

(গ) সিরিজ মোটর ব্যবহার করিতে হইবে, কারণ চালু করিবার সময় অধিক পরিমাণ ঘূর্ণক উৎপন্ন করে বলিয়া এই মোটরে বেশী লোড দিয়া চালু করা যায় (৪৩৪ পৃষ্ঠা দেখ)।

৪৩ নং প্রশ্ন। একটি ২-অশ্বশক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন মোটর সরবরাহ লাইন হইতে ১৮০০ ওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ করে। মোটরটির কর্মক্ষমতা (efficiency) কত?

উত্তর। ২ অশ্বশক্তি $=$ ২ $\times$ ৭৪৬ $=$ ১৪৯২ ওয়াট,

$\therefore$ কর্মক্ষমতা $= \frac{১৪৯২}{১৮০০} =$ ০·৮২৮৮, অর্থাৎ ৮২·৮৮%।

৪৪ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরে স্টার্টার ব্যবহার করা হয় কেন?

উত্তর। চালু করিবার সময় ডি. সি. মোটর যখন নিশ্চল অবস্থায় থাকে, তখন উহার আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল (back e.m.f.) কিছুমাত্র আবিষ্ট হয় না। ফলে চালু করিবার সময় সুইচ বন্ধ করিবার পরে মোটর পূরা লোডে যত কারেণ্ট গ্রহণ করে, তাহার দশ-বার গুণ কারেণ্ট আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইবে। ইহাতে আর্মেচার-কয়েল অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিবে এবং পুড়িয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দিবে।

চালু করিবার সময় মোটরে যাহাতে অতিরিক্ত কারেণ্ট প্রবেশ করিতে না পারে সেইজন্য আর্মেচারের সহিত সিরিজে একটি উপযুক্ত মানের রেজিস্ট্যান্স সংযুক্ত করা হয়। এই রেজিস্ট্যান্স যে বাক্সে বসানো থাকে, তাহাকেই স্টার্টার বলে (২৭৭ ও ২৭৮ পৃষ্ঠা দেখ)।

৪৫ নং প্রশ্ন। একটি মাঝারি আকারের মোটরকে চালু করিবার পর পূর্ণ গতিবেগে আনিতে সাধারণতঃ কত সময় লাগে?

উত্তর। সাধারণতঃ ১৫ হইতে ৩০ সেকেণ্ড সময় লাগে। তবে এই নিয়ম সকল শ্রেণীর মোটরের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নহে (২৮১ পৃষ্ঠা দেখ)।

৪৬ নং প্রশ্ন। ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি করিলে মোটরের গতিবেগ বাড়িবে কি কমিবে, তাহা বুঝাইয়া বল।

উত্তর। সাণ্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি করিলে ফীল্ডের কারেণ্ট আর সেই সঙ্গে চুম্বক বলরেখার সংখ্যা কমিয়া যায়; ফলে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পায়।

সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি করিলে ফীল্ড-সারকিটে অধিক পরিমাণে তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে। ইহাতে আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ হ্রাস পায়, ফলে মোটরের গতিবেগ কমিয়া যায়।

৪৭ নং প্রশ্ন। আর্মেচার-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স দ্বারা মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা সুবিধাজনক কেন?

উত্তর। সাধারণতঃ মোটরের আর্মেচার দিয়া যত কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, সাণ্ট ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হয় তাহা অপেক্ষা অনেক কম কারেণ্ট। এই কারণে আর্মেচার-

সারকিটের রেজিস্ট্যান্স-এ সাণ্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা অনেক বেশী বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় ঘটে ; ফলে মোটরের উৎপাদিত (output) অশ্বশক্তি অনেক কম হয়।

সাণ্ট ফীল্ডে রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করিলে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পায়, আর আর্মেচার-সারকিটে রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করিলে মোটরের গতিবেগ কমিয়া যায়।

সাণ্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স খুব অল্প পরিমাণ কারেণ্ট বহনের উপযোগী হইলেই চলে, কিন্তু আর্মেচার-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স মোটরের পুরা লোড-কারেণ্ট বহনের উপযোগী হওয়া চাই। সেইজন্য আর্মেচার-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স তৈরী করিতে খরচ অপেক্ষাকৃত বেশী পড়ে।

অনেক মোটরে ফীল্ড এবং আর্মেচার উভয় সারকিটেই রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা হয়। সকল ক্ষেত্রেই এই রেজিস্ট্যান্স পরিবর্তনশীল (variable) হইয়া থাকে।

৪৮ নং প্রশ্ন। মোটরের ফীল্ডের সহিত স্টার্টারের "হোল্ডিং অন্ ম্যাগ্‌নেট"-এর কয়েল সিরিজে সংযুক্ত করা হয় কেন ?

উত্তর। মোটর চলিন্ত থাকার সময় কোন কারণে যদি ফীল্ড-সারকিটের স'যোগ খুলিয়া যায়, তবে ফীল্ড-কয়েল দিয়া কারেণ্ট যাওয়া বন্ধ হয়। ইহাতে আর্মেচারের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক হইয়া ওঠে। কিন্তু একই সঙ্গে "হোল্ডিং অন্ ম্যাগ্‌নেট"-এর কয়েল দিয়াও কারেণ্ট যাওয়া বন্ধ হয়। ফলে এই চুম্বকের উত্তেজন নিঃশেষ হইয়া যায়, আর স্প্রী'য়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে। সঙ্গে সঙ্গে সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগও ছিন্ন হইয়া যায় এবং মোটরের গতিবেগ আর বিপজ্জনক অবস্থায় পৌছাইতে পারে না (২০৮ পৃষ্ঠা দেখ)।

৪৯ নং প্রশ্ন। মাঝারি তড়িৎ-চাপের উপযোগী একটি ডি. সি. মোটর বসাইবার সময় ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী কি কি নিয়ম পালন করিতে হইবে ?

উত্তর। (১) ধাতু নির্মিত কণ্ডুইট অথবা ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ (IS 2509-1963) অনুযায়ী নির্মিত পি. ভি. সি. পাইপের মধ্য দিয়া ৬৫০/১১০০-ভোণ্ট গ্রেডের পি ভি. সি অথবা ভি. আই আর. তার টানিয়া, কিংবা ৬৫০/১১০০-ভোণ্ট গ্রেডের আরমার্ড কেব্‌লের সাহায্যে মোটরের ওয়্যারিং করিতে হইবে [ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫১ (১) (ক) নং নিয়ম]।

(২) ধাতুনির্মিত কণ্ডুইট্ এবং কেব্‌লের আরমার মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে [ভারতীয় বৈদ্যুতিক্ আইনের ৫১ (১)(খ)নং নিয়ম]।

(৩) দুইটি সম্পূর্ণ পৃথক ও স্বতন্ত্র আর্থের তড়িদ্বারের সহিত মোটরের কাঠামো এবং সুইচ, স্টার্টার প্রভৃতির বহিরাবরণ সংযুক্ত করিতে হইবে [ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৬১ (২) ও ৬১ (৩) নং নিয়ম]।

(৪) যাহাতে প্রয়োজন হইলে মোটরে কারেণ্ট যাওয়া বন্ধ করা যায়, সেইজন্য মোটরের নিকটে একটি ধাতুনির্মিত 'আইসোলেটার' (isolator) অথবা ধাতুনির্মিত সুইচ ব্যবহার করিতে হইবে [ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫০ (১)(খ)নং নিয়ম]।

(৫) মোটর স্থাপনের গায়ে কোন উপযুক্ত জায়গায় একটি বিপদ-চিহ্ন জ্ঞাপক বোর্ড লাগাইতে হইবে [ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৩৫ নং নিয়ম]।

৫০ নং প্রশ্ন। মোটরটি চালু করিবার পূর্বে উহার সর্বনিম্ন ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স কত হইলে তাহা অনুমোদনযোগ্য হইবে ?

উত্তর। ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ (8. 4. 1. IS : 900 – 1965) অনুযায়ী মোটরের সর্বনিম্ন ইন্‌সুলেশন রেজিস্ট্যান্স ১ মেগওম হইবে (৩১৬ পৃষ্ঠা দেখ)।

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৪৮ নং নিয়ম অনুযায়ী মোটরের সর্বনিম্ন ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স এমন হইবে যাহাতে মোটর পূরা লোডে যত কারেন্ট গ্রহণ করে, তাহার পাঁচ হাজার ভাগের এক ভাগ অপেক্ষা বেশী বিদ্যুৎ-নির্গমন (current leakage) হইবে না।

৫১ নং প্রশ্ন। মোটরের সর্বোচ্চ আর্থিং রেজিস্ট্যান্স কত হইবে ?

উত্তর। মোটরের সর্বোচ্চ আর্থিং রেজিস্ট্যান্স কত হইবে সেই সম্বন্ধে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনে কোন উল্লেখ নাই। কিন্তু ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশে (12.3.2. IS : 3043 – 1966) বলা হইয়াছে যে, আর্থিং রেজিস্ট্যান্স

½ × পরিবাহী ও আর্থের মধ্যে ভোল্টেজ
―――――――――――――――――――――――― ওম
২·৫ × সর্বাপেক্ষা বড় ফিউজ-তার অথবা সারকিট-ব্রেকারের কারেন্ট পরিবহণ ক্ষমতা

অপেক্ষা বেশী হইবে না (৪০২ পৃষ্ঠা দেখ)।

৫২ নং প্রশ্ন। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী বহনযোগ্য (portable) মোটরে কয়টি আর্থের সংযোগ থাকা উচিত ?

উত্তর। সম্ভব হইলে দুইটি আর্থের সংযোগ করিতে হইবে।

৫৩ নং প্রশ্ন। মাঝারি তড়িৎ-চাপের উপযোগী মোটরের ওয়্যারিং করিতে যে-সকল ধাতু নির্মিত কণ্ডুইট ব্যবহার করা হয়, তাহা কত "গেজ" (gauge)-এর হইবে ?

উত্তর। ১৪ অথবা ১৬ গেজ-এর হইবে, কারণ ইহাতে ভালভাবে চুড়ি (thread) কাটা যায়।

৫৪ নং প্রশ্ন। যদি কোন সান্ট অথবা কম্পাউণ্ড মোটরের টার্মিন্যাল চিহ্নিত করা না থাকে, তবে কোন্‌টি কোন্ সারকিটের টার্মিন্যাল তাহা কিভাবে পরীক্ষা করিয়া জানা যাইবে ?

উত্তর। ওম্‌মিটার অথবা অল্প ওয়াটের একটি বাতির সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া ইহা বাহির করা যায়। আর্মেচার-সারকিটে মিটারটি লাগাইলে খুব কম রেজিস্ট্যান্স দেখাইবে, আর বাতিটি সিরিজে সংযুক্ত করিয়া সরবরাহ দিলে উহা উজ্জ্বল হইয়া জ্বলিবে। কিন্তু ওম্‌মিটার সান্ট ফীল্ডে সংযুক্ত করিলে মিটারে বেশী রেজিস্ট্যান্স দেখাইবে, আর এই ফীল্ডের সহিত সিরিজে সংযুক্ত করিয়া সরবরাহ দিলে বাতি ক্ষীণ হইয়া জ্বলিবে।

৫৫ নং প্রশ্ন। সাণ্ট ও কম্পাউণ্ড মোটরের স্টার্টারে কয়টি টার্মিন্যাল থাকে ?

উত্তর। থ্রী-পয়েন্ট স্টার্টারে তিনটি টার্মিন্যাল থাকে—L, A, আর F। ইহারা যথাক্রমে লাইন, আর্মেচার আর ফীল্ড সূচনা করে (২৮৫ পৃষ্ঠা দেখ)।

ফোর-পয়েন্ট স্টার্টারে চারিটি টার্মিন্যাল থাকে—L_1, L_2, A, আর F। ইহারা যথাক্রমে দুইটি লাইন, আর্মেচার আর ফীল্ড সূচনা করে (২৮৯ পৃষ্ঠ দেখ)।

৫৬ নং প্রশ্ন। মোটরের সহিত স্টার্টার কিরূপে সংযুক্ত থাকে তাহা দেখাও।

উত্তর। মোটরের সহিত থ্রী-পয়েন্ট স্টার্টারের সংযোগ ২৮৬ পৃষ্ঠায় আর ফোর-পয়েন্ট স্টার্টারের সংযোগ ২৯০ পৃষ্ঠায় দেখ।

৫৭ নং প্রশ্ন। মোটরের সহিত স্টার্টার সংযুক্ত করিবার জন্য কণ্ডুইট কিভাবে বসাইবে ?

উত্তর। স্টার্টারের নিকটে অবস্থিত 'আইসোলেটার' অথবা 'সুইচ' হইতে দুইগাছা তার কণ্ডুইটের ভিতর দিয়া টানিতে হইবে, এবং উহাদের একটি তার টি-জয়েন্ট দিয়া স্টার্টারে যাইবে আর অন্যটি কণ্ডুইটের ভিতর দিয়া মোটরের টার্মিন্যাল বাক্সে যাইয়া সরাসরি মোটরের আর্মেচার ও ফীল্ডের যুক্ত টার্মিন্যালে (A_2 আর F_2 দ্বারা চিহ্নিত অথবা একত্রে L-দ্বারা চিহ্নিত) সংযুক্ত হইবে। মোটরের অপর আর্মেচার টার্মিন্যাল (A_1 অথবা A-দ্বারা চিহ্নিত) হইতে একগাছা তার এবং অপর ফীল্ড টার্মিন্যাল (F_1 অথবা F-দ্বারা চিহ্নিত) হইতে আর এক গাছা তার ঐ একই কণ্ডুইট আর টি-জয়েন্টের ভিতর দিয়া টানিয়া যথাক্রমে স্টার্টারের A ও F-দ্বারা চিহ্নিত টার্মিন্যালের সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে (৪২৮ পৃষ্ঠায় ১৭৮ নং চিত্র দেখ)।

৫৮ নং প্রশ্ন। ধাতু নির্মিত কণ্ডুইটের পরিবর্তে অন্য কোন কণ্ডুইট মাঝারি তড়িৎ-চাপের উপযোগী মোটরের ওয়্যারিংয়ের জন্য ব্যবহার করা চলে কি ? যদি চলে তবে কোন্ ধরনের কণ্ডুইট ব্যবহার করিবে ?

উত্তর। মাঝারি তড়িৎ-চাপের উপযোগী মোটরের ওয়্যারিং করিতে ধাতু-নির্মিত কণ্ডুইটের পরিবর্তে পি. ভি. সি. প্রভৃতির দ্বারা তৈরী শক্ত কণ্ডুইট ব্যবহার করা চলে। তবে সেই কণ্ডুইট ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ (IS : 2509 – 1963 Rigid Non-Metallic Conduits for Electric Installation) অনুযায়ী তৈরী হওয়া চাই, এবং উহা ব্যবহার করিবার পূর্বে বিদ্যুৎ-পরিদর্শকের অনুমতি লওয়া প্রয়োজন।

৫৯ নং প্রশ্ন। চালু অবস্থায় একটি ডি. সি. সাণ্ট মোটরের ফীল্ডের সংযোগ খুলিয়া গেলে মোটরের কি ক্ষতি হইতে পারে ?

উত্তর। ২৪৭ পৃষ্ঠায় underlined করা অংশ দেখ।

৬০ নং প্রশ্ন। একটি নূতন ডি সি সাণ্ট মোটর ও স্টার্টার স্থাপনের পর প্রথম-বার চালু করিবার সময় দেখা গেল যে, স্টার্টারের হাতলটি ডান দিকের সর্বশেষ বোতামের উপর দিবার সময় (অর্থাৎ পুরা "অন" অবস্থায়) উহা স্প্রীংয়ের আকর্ষণে

খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসিতেছে। মোটর অথবা স্টার্টারের কোথায় দোষ আছে এবং উহা কি প্রকারে মেরামত করিতে হইবে বল।

উত্তর। ৩৪১ পৃষ্ঠায় ৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর দেখ।

৬১ নং প্রশ্ন। ডি সি. জেনারেটারের আর্মেচারে যে কারেন্ট উৎপন্ন হয়, তাহা কি ডি. সি. ?

উত্তর। না, এ. সি.।

৬২ নং প্রশ্ন। কোন্ শ্রেণীর জেনারেটার ব্যাটারি চার্জ করিবার পক্ষে সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী ? একটি সাধারণ সাণ্ট বা কম্পাউণ্ড জেনারেটারের সহিত উহার পার্থক্য কি ?

উত্তর। ডাইভারটার-পোল জেনারেটার ব্যাটারি চার্জ করিবার পক্ষে সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী। এই জেনারেটারে দুই প্রধান পোলের ঠিক মধ্যস্থলে অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র আকারের "ডাইভারটার-পোল" অবস্থিত থাকে, এবং ইহার প্রধান্ পোলের দ্বারা উৎপন্ন চুম্বক রেখাপ্রবাহের কিছু অংশকে একটি আলাদা পথ দিয়া ক্ষরণ রেখারূপে ইয়োকে পাঠাইয়া আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপকে নিয়ন্ত্রণ করা হয় (১৫৯, ১৬০ ও ১৬১ পৃষ্ঠা দেখ)। একটি সাধারণ সাণ্ট বা কম্পাউণ্ড জেনারেটারে এইরূপ কোন বন্দোবস্ত থাকে না।

৬৩ নং প্রশ্ন। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার সাহায্য লইয়া কোন্ জেনারেটারের আউটপুট কারেণ্ট নিয়ন্ত্রণ করা হয় ? কি কাজে এই ধরনের জেনারেটার ব্যবহৃত হইয়া থাকে ?

উত্তর। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার সাহায্য লইয়া সহায়ক-ব্রাশ বা তৃতীয়-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটারের আউটপুট কারেণ্ট নিয়ন্ত্রণ করা হয়। ক্রমাগত পরিবর্তিত গতিবেগে আর্মেচারকে পরিচালনা করিয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার পক্ষে এই শ্রেণীর জেনারেটার অতিশয় উপযোগী। মোটর গাড়িতে ব্যাটারি চার্জ করিবার জন্য সাধারণতঃ এই ধরনের জেনারেটারই ব্যবহার করা হইয়া থাকে (১৫৭ ও ১৫৮ পৃষ্ঠা দেখ)।

৬৪ নং প্রশ্ন। কোন চালু মোটরকে বন্ধ করিতে হইলে স্টার্টারের হাতলকে ঠেলিয়া খোলা-অবস্থানে লইয়া আসা উচিত নহে কেন ? কেন সরবরাহ লাইনের সুইচটি খুলিয়া দিয়াই চালু মোটর বন্ধ করা নিয়ম ?

উত্তর। ২৯২ পৃষ্ঠায় এই প্রশ্নের উত্তর দেখ।

৬৫ নং প্রশ্ন। ফেস্-প্লেট ধরনের স্টার্টার সিরিজ মোটরে ব্যবহার করা চলে কি ?

উত্তর। ছোট আর মাঝারি আকারের সিরিজ মোটর চালু করিতে সাণ্ট মোটরের ন্যায় ফেস্ প্লেট ধরনের স্টার্টারই ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এই স্টার্টার প্রধানতঃ দুই রকমের হয়। মোটর চলিতে থাকাকালীন যে তড়িৎ-চুম্বক স্টার্টারের হাতলকে "চালু-অবস্থানে" ধরিয়া রাখে, সেই চুম্বক এক ধরনের স্টার্টারে "নো-ভোল্ট

রিলীজ কয়েল”-এর সাহায্যে [১৩২ (ক) নং চিত্র], আর অন্য এক ধরনের স্টার্টারে “নো-লোড রিলীজ কয়েল”-এর সাহায্যে (১৩৩ নং চিত্র) উত্তেজন পায়।

৬৬ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরের জন্য ব্যবহৃত একটি কণ্ট্রোলার এবং একটি স্টার্টারের মধ্যে পার্থক্য কি ?

উত্তর। ৩০২ পৃষ্ঠায় “ড্রাম কণ্ট্রোলার” দেখ।

৬৭ নং প্রশ্ন। স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারে বা কণ্ট্রোলারে “থার্ম্যাল প্রোটেক্শন” কেন ব্যবহার করা হয় ? স্টার্টারের মধ্যে ইহা কিভাবে কাজ করে ?

উত্তর। ৩০৫ ও ৩০৬ পৃষ্ঠায় এই প্রশ্নের উত্তর দেখ।

৬৮ নং প্রশ্ন। “ম্যাগ্নেটিক ব্লো-আউট” কোথায় এবং কেন ব্যবহার করা হয় ? ইহা কিভাবে কাজ করে বুঝাইয়া বল।

উত্তর। ৩০৬ ও ৩০৭ পৃষ্ঠায় এই প্রশ্নের উত্তর দেখ।

৬৯ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিবার জন্য বিভিন্ন প্রকার যে-সকল পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়, তাহাদের প্রধান প্রধান কয়েকটির নাম বল।

উত্তর। ফীল্ড কণ্ট্রোল, রেজিস্ট্যান্স কণ্ট্রোল, মাল্টিভোল্টেজ কণ্ট্রোল, ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড কণ্ট্রোল, সিরিজ প্যার্যালেল কণ্ট্রোল, মাল্টিপ্ল-ইউনিট কণ্ট্রোল, মেট্যাডাইন কণ্ট্রোল ইত্যাদি (৩০৭ হইতে ৩২১ পৃষ্ঠা পর্যন্ত দেখ)।

ডি. সি. মেসিনের নির্দিষ্টকরণ

(Specification of D. C. Machines)

ডি.সি. জেনারেটার বা ডি.সি. মোটর নির্মাণের পূর্বে নির্মাণকারীর নিকট যে-সকল তথ্য পেশ করিতে হয়, ভারতীয় মানক সংস্থার আই এস : ৪৭২২-১৯৬৮ নং নির্দেশের "পরিশিষ্ট গ" (Appendix C)-এ তাহা বলা হইয়াছে। কতকগুলি সাধারণ তথ্য ছাড়াও ডি. সি. জেনারেটারের ক্ষেত্রে নির্মাণকারীর নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা আবশ্যক :—

(১) জেনারেটারের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি। জেনারেটারের টার্মিন্যালে কত কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি পাওয়া যাইবে।

(২) জেনারেটারের নির্দিষ্ট ভোল্টেজ। যদি লোডশূন্য অবস্থায় আর পুরা লোডসহ চলিবার সময় জেনারেটারের ভোল্টেজের মধ্যে পার্থক্য থাকে, তবে তাহার পূর্ণ বিবরণ পেশ করিতে হইবে।

(৩) জেনারেটারের উৎপাদিত তড়িৎ-প্রবাহ। জেনারেটার কত অ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট সরবরাহ করিবে।

(৪) তিন-তারের সরবরাহের জন্য জেনারেটারকে ব্যবহার করিতে হইলে যে-সকল বন্দোবস্ত থাকা প্রয়োজন, তাহার পূর্ণ ও সবিশেষ বিবরণ দিতে হইবে।

(৫) লোডশূন্য অবস্থায় ও পুরা লোডসহ জেনারেটারের গতিবেগ। জেনারেটারের আর্মেচার প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে।

(৬) জেনারেটারের গতিমুখ কোন্ দিকে তাহা নিদেশ করিতে হইবে।

(৭) জেনারেটারের ফীল্ডে উত্তেজন দেওয়ার পদ্ধতি, অর্থাৎ জেনারেটার কোন্ শ্রেণীর,—সাণ্ট, সিরিজ, কম্পাউণ্ড অথবা সেপ্যারেট্লি এক্সাইটেড্। যদি জেনারেটার সেপ্যারেট্লি এক্সাইটেড্ হয়, তবে কত ভোল্টে উহার ফীল্ড-কয়েলে কারেণ্ট সরবরাহ করা হইবে ?

[যদি অন্যভাবে নির্দিষ্ট কিছু বলা না থাকে, তবে কম্পাউণ্ড জেনারেটারের সিরিজ ফীল্ড উহার আর্মেচারের নেগেটিভ প্রান্তের দিকে সংযুক্ত থাকিবে।]

(৮) যদি জেনারেটারকে অন্যান্য জেনারেটারের সহিত প্যারালেলে চালনা করিবার প্রয়োজন হয়, তবে এক্সাইটার (যে মেসিন জেনারেটারের ফীল্ডে কারেণ্ট সরবরাহ করে) সম্বন্ধে নিম্নলিখিত তথ্যসমূহ পেশ করিতে হইবে :

(/•) লোডশূন্য অবস্থায় ও পুরা লোডের ভোল্টেজ।

(৵•) পুরা লোডসহ চলার সময়ের কিলোওয়াট বা কারেণ্ট।

(৶•) যদি ডাইভারটার থাকে, তবে ডাইভারটারসহ সিরিজ ওয়াইণ্ডিংয়ের রেজিস্ট্যান্স।

(।৹) সংযোগের নক্সা

(।৵৹) এক্সাইটারের সাহায্যে কত তাড়াতাড়ি ফীল্ডের উত্তেজন কমানো বা বাড়ানো চলে।

(।৶৹) হস্তচালিত নিয়ন্ত্রণের সাহায্যে এক্সাইটার সাণ্ট মেসিন হিসাবে পরিচালিত হইবে কিনা।

সাধারণ তথ্যসমূহ ছাড়াও ডি. সি. মোটরের ক্ষেত্রে নির্মাণকারীর নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা আবশ্যক :—

(১) মোটরের উৎপাদিত যান্ত্রিক শক্তি। এই শক্তি কিলোওয়াটে উল্লেখ করিতে হইবে।

(২) মোটর যে তড়িৎ-চাপের পক্ষে উপযোগী। মোটরের টার্মিন্যালে কত ভোল্টেজে সরবরাহ দেওয়া হইবে।

(৩) পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটরের গতিবেগ। মোটরের আর্মেচার প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে।

(৪) মোটরের গতিমুখ কোন্ দিকে থাকিবে।

(৫) মোটরের ফীল্ডে উত্তেজন দেওয়ার পদ্ধতি, অর্থাৎ মোটর কোন্ শ্রেণীর,—সাণ্ট, সিরিজ, কম্পাউণ্ড অথবা সেপ্যারেট্লি এক্সাইটেড্। যদি সেপ্যারেট্লি এক্সাইটেড্ হয়, তবে কত ভোল্টে ফীল্ড-কয়েলে কারেণ্ট সরবরাহ করা হইবে।

(৬) ঘূর্ণকের (torque) সর্বোচ্চ পরিমাণ কত।

(৭) মোটর যে মেসিনকে পরিচালনা করিবে, তাহার সম্বন্ধে বিভিন্ন তথ্য। মেসিনের গতিবেগ যখন বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে, তখন কি পরিমাণ ঘূর্ণকের প্রয়োজন হইবে, মেসিনের গতিশীল অংশের গতিশক্তি (Kinetic energy) কত থাকিবে এবং একটি নির্দিষ্ট সময়ের মধ্যে মেসিনকে কতবার চালু করিতে হইবে।

LICENSING BOARD, WEST BENGAL

Supervisors' Certificate of Competency Examination,

WRITTEN TEST—PART 3

Time—2 hours

Full marks—100

Answer question No. 5 and any other three.

All questions carry equal marks.

1. (a) What is the function of commutator in a d.c. generator ? What are the causes of sparks in the commutator and how can these be minimised ?

(b) Draw a neat sketch showing the position of inter poles and main poles indicating the polarity in the direction of rotation in a 4-pole (i) shunt generator, and (ii) shunt motor.

2. What is a balancer and where is it installed ? Draw a diagram showing the connection of a rotary balancer set in a 3-wire d.c. system.

How will the machines behave if the load on the positive side is more than on the negative side of the system ?

3. How does a shunt generator build up voltage ?

A shunt generator was lying idle for a long time. State what would be the possible causes if when restarted—

(a) it does not build up voltage,

(b) its positive terminal becomes negative and negative becomes positive ?

Suggest remedies.

4. (a) Explain how the speed of a d.c. series motor is controlled—

(i) by using diverter,

(ii) by tapped field method.

Illustrate your answer by neat diagrams.

(b) Draw a diagram of a face plate starter with over load and no-volt coils and explain how do they function.

5. You are required to install a 15 H.P. 440 volts d.c. motor for a lathe machine 30 ft. away from the Distribution Board in a factory. What type of motor will you select ?

Give a list of principal materials with sizes required for wiring of the motor.

Draw a layout diagram complying with the relevant Indian Electricity Rules including earthing of the motor installation.

Give a specimen test certificate of the motor installation with the results of the tests that you will carry out after installation (assume results that you will consider as satisfactory).

State the name of the instruments that you will use for such tests.

বাংলা অনুবাদ

১। (ক) ডি সি জেনারেটারে কমিউটেটারের কর্তব্য কি? কমিউটেটারে স্পার্ক কেন হয় এবং তাহা কি প্রকারে কমানো যায় তাহা লিখ।

(খ) একটি ৪-পোলযুক্ত সাণ্ট জেনারেটার ও একটি ৪-পোলযুক্ত সাণ্ট মোটরের মেন পোল ও ইণ্টার পোলের পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহাদের রোটেশনের ডাইরেকশনে পোলারিটি দেখাও।

২। ব্যালেন্সার বলিতে কি বুঝায় এবং কোথায় ইহা স্থাপন করা হয়? একটি থ্রি-ওয়্যার সাপ্লাই সিস্টেমে একটি রোটারি ব্যালেন্সার সেট কিভাবে কানেকশন করা হয় তাহা চিত্রে আঁকিয়া দেখাও।

যদি নেগেটিভ সাইড অপেক্ষা পজিটিভ সাইডে লোড বেশি থাকে তবে ব্যালেন্সার সেটের কোন্ মেসিন কিরূপ আচরণ করিবে তাহা বর্ণনা কর।

৩। সাণ্ট জেনারেটর কিরূপে ভোল্টেজ উৎপাদন (build up) করে?

একটি সাণ্ট জেনারেটর দীর্ঘদিন অব্যবহৃত অবস্থায় পড়িয়া থাকার পর পুনরায় চালু করিতে গিয়া যদি দেখা যায়—

(ক) ইহা ভোল্টেজ উৎপাদন করিতেছে না,

(খ) ইহার পজিটিভ টার্মিনাল নেগেটিভ এবং নেগেটিভ টার্মিনাল পজিটিভ হইয়া গিয়াছে, তাহা হইলে তাহার কি কি কারণ হইতে পারে বুঝাইয়া লিখ।

এইসব অবস্থার প্রতিকারের জন্য কি কি ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে তাহা লিখ।

৪। (ক) নিম্নলিখিত কৌশলগুলি অবলম্বন করিয়া ডি সি মোটরের গতি কিরূপে নিয়ন্ত্রণ করা যায় তাহা পরিষ্কার চিত্র সহ বুঝাইয়া লিখ—

(১) ডাইভারটারের সাহায্যে।

(২) ট্যাপড্ ফিল্ড মেথড-এর (tapped field method) সাহায্যে।

(খ) ওভার-লোড ও নো-ভোল্ট কয়েল সহ একটি ফেস-প্লেট স্টার্টারের পরিষ্কার পূর্ণ চিত্র অঙ্কন করিয়া ইহারা কিভাবে কাজ করে তাহা ব্যাখ্যা কর।

৫। একটি ফ্যাক্টরিতে ডিষ্ট্রিবিউশন বোর্ড হইতে ৩০ ফুট দূরে একটি লেদ মেসিনের জন্য একটি ১৫ ঘোড়া ৪৪০ ভোল্ট মোটর তোমাকে বসাইতে হইবে। তুমি কি মোটর মনোনীত করিবে ?

মোটরটি কানেকশন করিতে প্রধান প্রধান কি কি সাজ-সরঞ্জাম প্রয়োজন হইবে তাহাদের আয়তন সহ তালিকা দাও।

ইণ্ডিয়ান ইলেকট্রিসিটি রুল অনুযায়ী মোটর ইনস্টলেশনটির আরথিং সহ একটি লে-আউট (lay out) ড্রইং অঙ্কন কর।

মোটরটি কানেকশন করিবার পর তুমি যেসব পরীক্ষা করিবে তাহার ফল দিয়া মোটর ইনস্টলেশনের একটি পূর্ণ টেস্ট সার্টিফিকেটের নমুনা দাও (পরীক্ষার ফল যাহা তোমার কাছে সন্তোষজনক মনে হইবে তাহা বসাও)।

এই সকল পরীক্ষা করিতে কি কি যন্ত্র ব্যবহার করিবে তাহার নাম লিখ।

[মোটরটির স্থাপনের কাজ শেষ হইবার পরে ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স, আর্থ রেজিস্ট্যান্স প্রভৃতি পরীক্ষা করিয়া দেখা হয়। পরে ঐ সকল পরীক্ষার ফলাফল টেস্ট ফরমের উপযুক্ত জায়গায় বসাইয়া সুপারভাইজার ও ঠিকাদার স্বাক্ষর করিবার পর তাহা লাইসেন্সিং বোর্ডের সেক্রেটারির নিকট জমা দেওয়া নিয়ম। আলোচ্য মোটরটির জন্য টেস্ট ফরম কিভাবে পূরণ করিতে হইবে তাহা নিম্নে দেখানো হইল :

	Number	Total Load	Type or System of Wiring
Motors	one	15 H. P.	V. I. R. Wires drawn through Conduits.

Earthing—

Description of earthing electrode, size of earth wire and number of earth electrodes provided :	Electrode-3″×9′ G. I. pipe, Earth Wire-No. 6 S. W. G. G. I. earth wire, No. of electrodes—Two.

Test Results—

(i) Insulation resistance for the whole installation :

(a) between conductors :— 50 megohms.

(b) between each conductor and earth :— 50 megohms.

(ii) Resistance of earthing electrode or earthing system : 0·75 ohm.

(iii) Maximum earthing resistance of installation : 1·0 ohm.

MOTOR & OTHER APPARATUS DETAILS

Purpose of Motor	Motor No.	Maker's Name	H. P.	R. P. M.	Voltage	1 Phase 3 Phase or D. C.
To drive a lathe machine	D/37935	M M C. (India)	15	1400	440	D. C.

[টেস্ট ফরম ইংরাজিতে ছাপা থাকে বলিয়া এখানেও ইংরাজিতেই নমুনা দেওয়া হইল। পরের পৃষ্ঠায় টেস্ট ফরমের পূর্ণ বিবরণ ছাপা হইয়াছে।]

TEST REPORT

(To be furnished to the Secretary, Licensing Board, No. 1, Harish Mukherjee Road, Calcutta-20, by Licensed Contractors, vide condition 4 of Contractor's Licence.)

I/We beg to report that electrical installation work of the following description and falling within the purview of Indian Electricity Rules 45 (1956) has been completed by me/us for the person and at the address noted below. It is certified that the work is in accordance with I. E. Rules, 1956. Rule 32 where applicable has been complied with.

Name and address of

consumer or owner :—

Address of premises where
installation work carried out :—

Voltage and system of supply :—

(a) Particulars of work	Number	Total load	Type or system of wiring.
(i) Light points ·····	....	.. ..	....
(ii) Fan points ·····	....	.. ..	....
(iii) Plug points······	....	....	....
(i) 2-Pin ······	....	....	.. ..
(ii) 3-Pin ······	....	....	....
(iv) Motors ·· ······	....	....	... .
(v) Other plant······	....	....	.. ..

(b) If the work involves installation of overhead lines and/or underground cable :—

(c) Earthing—
Description of earthing electrode, size of earth wire and number of earth electrodes provided :—

(d) Test Results—

(i) Insulation resistance for the whole installation :—

(a) between conductors .—

(b) between each conductor and earth :—

(ii) Resistance of earthing electrode or earthing system :—

(iii) Maximum earthing resistance of installation :—

Name and Address of Supervisor :

... .
....
....

Name and Address of contractor

....
....
....

Signature of Supervisor who supervised the work with date	Signature of Contractor with date
Certificate No. of Supervisor and the part of class of work for which it is endorsed	Registered No. of Contractor's Licence
Supervisor's Certificate valid upto	Contractor's Licence valid upto

Place fill in the Form below if applicable.

DETAILS OF MOTORS OR OTHFR APPLIANCES

Purpose of Motor	Motor No.	Maker's Name	H.P.	R.P.M	Voltage	1 Phase 2 Phase D. C.

Other apparatus	Machine No.	Maker's Name	Capacity, Amp/HP KW/KVA.	Volts	State whether on Main or Sub-circuit.

Signature of Supervisor

....

Date............

Chief Electric Inspector,
West Bengal, Form No.
16 ACJP-A 2145-1960-61-750.